

*"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

Анатолий Михайлович ЧЕРЕПАЩУК [Триумф черных дыр](#)

Как добываются астрономические знания

Сергей Юрьевич МАСЛИКОВ [Какие звезды можно найти на старинных астролябиях](#)

Сергей Юрьевич МАСЛИКОВ [Затмение Солнца в первый день Нового 1907 года](#)

Юрий Владимирович СОЛОМОНОВ [Самое реформируемое созвездие](#)

Астрономия и родственные науки

Дмитрий Дмитриевич СОКОЛОВ [Что разумно изменить и чего менять не стоит в преподавании математики на физическом факультете МГУ](#)

Люди науки

Алексей Георгиевич ПАХОМОВ [Мои боевые предки](#)

Для начинающих

Вера Львовна ШТАЕРМАН [Астрономия на детской площадке. Звезды.](#)

Вера Львовна ШТАЕРМАН [Семь звездочек](#)

Фантастика

Мильтон ЛЕССЕР [Груз Гордака](#)

[Астрономия и поэзия](#) Борис Михайлович ШУСТОВ

От редактора

Вашему вниманию предлагается новый выпуск альманаха «Вселенная и Мы». Как и в прошлые годы, благодарю всех предоставивших материалы и призываю читателей становиться авторами, присылать свои материалы. Благодарю за помощь в подготовке номера Веру Львовну Штаерман, академика Анатолия Михайловича Черепашука, Сергея Юрьевича Масликова, Дмитрия Дмитриевича Соколова, Юрия Владимировича Соломонова, Алексея Георгиевича Пахомова.

Статья проф. Д.Д. Соколова основана на его докладе на Междисциплинарном семинаре «Астрономического Общества». К астрономии она имеет прямое отношение: студенты-астрономы МГУ изучают математику на физфаке вместе со студентами-физиками.

Особая благодарность члену-корреспонденту РАН Борису Михайловичу Шустову, приславшему подборку своих ироничных зимних, новогодних и просто веселых стихов.

Н. Самусь



Орнамент Н.П. Кукаркиной.

Триумф черных дыр

Академик РАН Анатолий Михайлович Черепашук

Научный руководитель ГАИШ МГУ, председатель Научного совета по астрономии РАН



1. Введение

Черные дыры (ЧД) являются предсказанием Общей теории относительности (ОТО) А. Эйнштейна. На протяжении многих десятилетий среди ученых шли ожесточенные споры о возможности реального существования ЧД во Вселенной. Свойства этих крайне экстремальных объектов столь необычны, что в их существование верится с трудом. Тем не менее, сейчас, благодаря достижениям многоканальной астрономии и астрономии сверхвысокого углового разрешения, мы получили убедительные наблюдательные доказательства существования ЧД.

Мы постараемся кратко описать тернистый путь поисков, открытий и исследований ЧД, а также подвести некоторые итоги в этой интереснейшей области релятивистской астрофизики. Стимулом для написания нашего обзора является и то, что в 2022 году исполнилось 60 лет рентгеновской астрономии, благодаря развитию которой проблема поиска и исследования ЧД впервые встала на прочный наблюдательный базис.

В 1962 году с борта американской метеорологической ракеты «Аэроби» группой ученых под руководством профессора Риккардо Джиаккони, впоследствии нобелевского лауреата, был открыт первый рентгеновский источник, расположенный за пределами Солнечной системы. Этот компактный рентгеновский источник, получивший название Скорпион X-1 (по имени созвездия Скорпиона, где он был

обнаружен) оказался маломассивной рентгеновской двойной системой, состоящей из оптической звезды типа нашего Солнца, которая является донором вещества, и аккрецирующего релятивистского объекта – нейтронной звезды (НЗ).

В дальнейшем именно рентгеновская астрономия и астрономия двойных звездных систем обеспечили первый прорыв в поисках и исследованиях массивных компактных объектов – кандидатов в ЧД. А открытие в 2015 г. гравитационных волн от слияния ЧД в двойных системах и построение изображений ближайших окрестностей сверхмассивных ЧД в ядре галактики М87 (2019 г.) и в центре нашей Галактики (2022 г.) позволили окончательно доказать реальность существования ЧД. В итоге, к настоящему времени ЧД завоевали «права гражданства» среди классических объектов астрономии: звезд, галактик, галактических скоплений и т.п.

Следует подчеркнуть, что появление и развитие рентгеновской астрономии вывело проблему исследования тесных двойных систем, ранее сугубо классическую область астрономии, на передний фронт современной астрофизики.

2. Немного истории

Под ЧД понимается область пространства–времени, гравитационное поле которой столь сильно, что никакой сигнал, даже свет, не может удалиться от нее на пространственную бесконечность будущего.

Впервые о темных звездах, которые не выпускают даже свет, стали рассуждать после опубликования в 1687 году закона Всемирного тяготения Ньютона. В 1783 году Митчелл и в 1798 году П.-С. Лаплас вывели формулу для критического радиуса темного тела $R_{\text{крит}}$, используя классические формулы для потенциальной и кинетической энергии, равенство нулю суммы которых определяет вторую космическую скорость. Подставив вместо второй космической скорости скорость света c , которая к тому времени была уже известна из наблюдений спутников Юпитера, Митчелл и Лаплас получили значение критического радиуса темного тела

$$R_{\text{крит}} = \frac{2GM}{c^2}, \quad (1)$$

где M – масса тела, G – ньютоновская постоянная тяготения. Если радиус тела массой M не превышает $R_{\text{крит}}$, то это тело должно быть темным, невидимым, поскольку фотоны из него не могут вырваться на пространственную бесконечность. Для Земли, если пренебречь ее вращением, величина $R_{\text{крит}} = 9$ мм, а для Солнца 3 км.

Эти рассуждения не вполне корректны, поскольку при скоростях, близких к скорости света, классические формулы механики неприменимы. Однако если все сделать правильно и использовать релятивистские формулы, то для $R_{\text{крит}}$ получается точно такое же выражение, которое получили Митчелл и Лаплас. Замечательно то, что ошибки в двух формулах, использованных этими авторами, точно скомпенсировали друг друга, и в итоге ими был получен правильный результат.

Важно подчеркнуть, что Митчелл в своей работе 1783 года отметил, что хотя темное тело невидимо, оно может быть обнаружено по движению второй нормальной оптической звезды в двойной системе. Именно таким методом и открывают ЧД в настоящее время (!).

В 1915 году Эйнштейн опубликовал свою ОТО, а в 1916 году Шварцшильд получил точное решение ОТО для сферически-симметричного гравитационного поля точечного источника. В полученное им выражение для квадрата интервала ds между двумя событиями

$$ds^2 = \left(1 - \frac{r_g}{r}\right) dt^2 - \left(1 - \frac{r_g}{r}\right)^{-1} dr^2 - r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\varphi^2) \quad (2)$$

входит величина

$$r_g = \frac{2GM}{c^2}, \quad (3)$$

которую принято называть гравитационным (Шварцшильдовским) радиусом.

На рис. 1 в воображаемом евклидовом пространстве (в предположении, что траектории лучей света – прямые линии) представлено схематическое изображение невращающейся (шварцшильдовской) ЧД.

В центре ЧД расположена сингулярность, куда в сопутствующей системе отсчета сколлапсировала материя, сформировавшая ЧД. Плотность материи здесь, по-видимому, близка к планковской, $\sim 10^{93}$ г/см³. При такой чудовищной плотности известные нам законы физики, скорее всего, уже неприменимы. По-видимому, здесь царят неизвестные нам законы квантовой гравитации, которая пока не разработана.

Строгое научное обоснование неизбежности формирования сингулярности при релятивистском коллапсе в общем случае, при отсутствии сферической симметрии коллапса, было дано в 1965 г. Роджером Пенроузом – лауреатом Нобелевской премии 2020 года. До этого многие физики, включая самого Эйнштейна, весьма скептически относились к идее формирования сингулярности при релятивистском коллапсе материи. Считалось, что сингулярность – это следствие строгой сферической симметрии коллапса, что в природе практически никогда не реализуется.

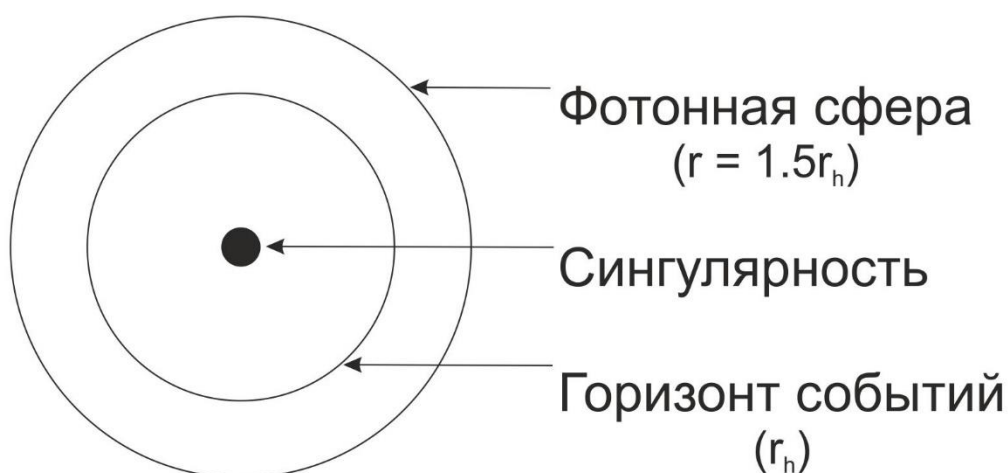


Рис. 1. Схематическое изображение невращающейся, Шварцшильдовской черной дыры в воображаемом евклидовом пространстве (на самом деле пространство вблизи черной дыры сильно искривлено, и лучи света идут не по прямым, а по сильно искривленным линиям). В центре расположена сингулярность, куда в сопутствующей системе отсчета сжалась исходная материя.

Сингулярность окружена сферическим горизонтом событий, радиус которого равен гравитационному радиусу $r_g = 2GM/c^2$ и на котором ход времени с точки зрения далекого наблюдателя останавливается. Далее располагается фотонная сфера, радиус которой в евклидовом пространстве равен $1.5 r_g$. Здесь захваченные фотоны могут вращаться вокруг черной дыры.

Центральная сингулярность окружена горизонтом событий. На горизонте событий ход времени с точки зрения удаленного наблюдателя бесконечно замедляется. Чтобы заметить какое-либо изменение на горизонте событий, удаленному наблюдателю потребуется прождать все бесконечно большое время существования внешней Вселенной. Никакой сигнал, даже свет, не может удалиться от горизонта событий на пространственную бесконечность. Все, что происходит под горизонтом событий, недоступно удаленному наблюдателю. Тело, в сопутствующей системе отсчета попавшее под горизонт событий, неизбежно падает в сингулярность, достигает ее за конечное собственное время и будет разрушено нарастающими приливными силами. Вырваться наружу из-под горизонта событий тело, как и любой сигнал, не может. Радиус горизонта событий r_h равен гравитационному радиусу r_g в случае невращающейся ЧД и он меньше r_g для вращающейся ЧД. Для предельно быстро вращающейся (керровской) ЧД $r_h = \frac{1}{2}r_g = \frac{GM}{c^2}$. Иногда под гравитационным радиусом понимают величину GM/c^2 – радиус горизонта событий для предельно быстро вращающейся ЧД.

Величина шварцшильдовского радиуса, как уже упоминалось при рассмотрении критического радиуса $R_{\text{крит}}$, равна 9 мм для Земли, 3 км для Солнца и 40 астрономических единиц (расстояние от Солнца до Плутона) для массы в 2 миллиарда солнечных масс (такие сверхмассивные ЧД наблюдаются в ядрах галактик).

У вращающейся ЧД имеется также эргосфера, внутри которой расположено вращающееся пространство-время. Тело, попавшее в эргосферу, будет непрерывно вращаться. Из эргосферы можно извлекать энергию вращающейся ЧД, причем с большой эффективностью (механизм Пенроуза).

Важной особенностью ЧД, помимо горизонта событий, является наличие фотонной сферы, радиус которой r_p в воображаемом евклидовом пространстве составляет $1.5 r_g$. Внутри фотонной сферы лучи света могут двигаться по замкнутым траекториям.

Подчеркнем, что в реальности пространство ЧД не является евклидовым; оно сильно искривлено, лучи света здесь двигаются не по прямым, а по искривленным траекториям. Поэтому соотношение между наблюдаемым радиусом фотонной сферы и радиусом горизонта событий иное: $r_p \cong 2.6 r_h$. ЧД действует как увеличивающая гравитационная линза для самой себя в случае удаленного наблюдателя (см. рис.2).

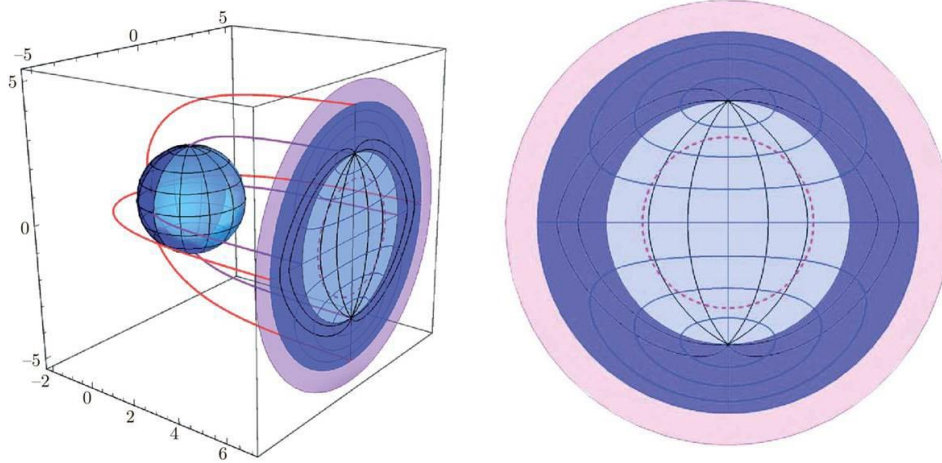


Рис. 2. Изображение линзированного горизонта событий черной дыры Шварцшильда внутри ее «тени» (линзированного изображения фотонной сферы, самый внешний круг). Рассматривается черная дыра в реальном, искривленном пространстве–времени так, как она видна удаленному наблюдателю. Здесь пунктирный круг соответствует воображаемому нелинзированному изображению горизонта событий. Внутренний сплошной круг представляет собой гравитационно-линзированное изображение передней полусферы горизонта событий (указаны соответствующие параллели и меридианы). Внешний сплошной темный круг соответствует линзированному изображению задней полусферы горизонта событий черной дыры, которая, таким образом, видна одновременно со всех сторон для внешнего наблюдателя. Слева изображен ход лучей света в искривленном пространстве черной дыры. (По В.И. Докучаеву и Н.О. Назаровой, 2019).

Мы уже упоминали о том, что с самого начала, в силу описанных выше экстремальных особенностей ЧД, идея ЧД вызывала отторжение у многих физиков.

Например, знаменитый Эйнштейн в 1939 году писал: «Основным результатом проведенного исследования является четкое понимание того, что в реальном мире отсутствуют шварцшильдовские сингулярности». Отрицательное отношение к ЧД царило также среди астрофизиков. Например, выдающийся английский астрофизик Артур Эддингтон, создатель теории внутреннего строения и эволюции звезд, также был решительным противником возможности существования ЧД. В 1934 году на заседании Английского Королевского Астрономического общества после доклада С. Чандрасекара о существовании предельной массы белого карлика, откуда следовала возможность образования НЗ и ЧД, Эддингтон, признавая результаты работы Чандрасекара правильными, тем не менее, подчеркнул: «Я думаю, что должен существовать закон Природы, который бы не допускал, чтобы эволюция звезды шла столь абсурдным образом».

Особенно острая дискуссия о справедливости ОТО Эйнштейна, из которой следует возможность существования ЧД, развернулась в середине 1970-х гг. между выдающимися советскими учеными – академиком А.А. Логуновым и, с другой стороны, академиком Я.Б. Зельдовичем и д.ф.м.н. Л.П. Грищуком. Дискуссия проходила на заседаниях научного семинара на физическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова и была отражена в нескольких научных публикациях в центральном советском физическом журнале – Успехах Физических Наук. А.А. Логунов развил релятивистскую теорию гравитации, которая трактует гравитацию как физическое поле в плоском пространстве–времени. В теории Логунова возможность существования ЧД отвергается. Я.Б. Зельдович и Л.П. Грищук отстаивали

справедливость ОТО Эйнштейна, в которой гравитация отождествляется с кривизной пространства–времени и из которой следует возможность существования ЧД.

Такие взаимоисключающие точки зрения на ЧД в 1970-х годах делали проблему поиска ЧД особенно интригующей и интересной. Они дополнительно стимулировали интенсивные наблюдательные астрономические исследования в этой области релятивистской астрофизики.

3. Первые наблюдения черных дыр

Впервые на возможность наблюдений ЧД было указано в пионерских работах Я.Б. Зельдовича и Э. Солпитера в 1964 г. Было показано, что несферическая аккреция вещества на ЧД должна приводить к мощному выделению энергии в жестком диапазоне спектра с эффективностью в десятки раз больше, чем энергия, выделяющаяся при термоядерных реакциях.

В дальнейшем, следуя идее Митчелла, ученые сосредоточились на поисках ЧД в двойных системах. Теория дисковой аккреции вещества на ЧД в двойных системах была развита в начале 1970-х гг. в работах Н.И. Шакуры, Р.А. Сюняева, Дж. Прингла, М. Риса, И.Д. Новикова, К. Торна (нобелевского лауреата 2017 г. за наблюдательное детектирование гравитационных волн). Оптическая звезда в двойной системе с ЧД, с одной стороны, служит источником вещества, аккреция которого на ЧД приводит к появлению мощного компактного рентгеновского источника. С другой стороны, изучая движение оптической звезды методами спектральных и фотометрических наблюдений, можно определить массу ЧД.

Согласно современным представлениям с учетом эффектов ОТО, если масса ядра звезды, где протекают термоядерные реакции, превышает $3M_{\odot}$, то в конце эволюции такой массивной звезды происходит релятивистский коллапс ядра и образуется ЧД. Если же масса ядра звезды менее $3M_{\odot}$, то в конце эволюции такой звезды образуется НЗ или белый карлик. Возможность по движению оптической звезды определять массу релятивистского объекта (ЧД или НЗ), а по интенсивному рентгеновскому излучению оценивать степень его компактности делает тесные двойные системы мощным инструментом для поиска и исследования ЧД.

В конце 1960-х и в 1970-х гг. в работах Б. Пачинского, А.В. Тутукова, Л.Р. Юнгельсона, Э. ван ден Хойвеля была развита теория эволюции в ТДС с обменом масс вплоть до самых поздних стадий, когда формируется тесная пара релятивистских объектов.

В 1971 г. началась эра систематических рентгеновских наблюдений неба с борта специализированного американского рентгеновского спутника UNURU. Было открыто около трех сотен компактных рентгеновских источников, большинство из которых оказались рентгеновскими двойными системами. Рентгеновская двойная система состоит из нормальной оптической звезды и релятивистского объекта, окрестности которого являются мощным источником рентгеновского излучения, формирующимся при аккреции вещества звезды. В начале 1970-х годов с борта спутника UNURU были открыты первые затменные рентгеновские двойные системы Центавр X-3 и Геркулес X-1, содержащие рентгеновские пульсары – быстровращающиеся сильно

намагниченные нейтронные звезды в режиме аккреции, см. рис. 3, 4. «Кандидат № 1» в черные дыры, рентгеновский источник Лебедь X-1 был открыт с помощью ракетных экспериментов и подтвержден в 1971 г. наблюдениями на спутнике UNURU группой Х. Тананбаума.

Для определения масс релятивистских объектов необходимо выполнить оптические отождествления рентгеновских двойных систем. Первые оптические отождествления рентгеновских двойных систем (см. рис. 5) и выявление основных типов их оптической переменности (эффект рентгеновского прогрева звезды и эффект ее эллипсоидальности) были выполнены в начале 1970-х гг. в работах А.М. Черепашука, Н. Бакалл, Дж. Бакалла, В.М. Лютого и их соавторов. В.М. Лютый, Р.А. Сюняев и А.М. Черепашук в 1973 г. представили одну из первых оценок массы «кандидата № 1» в ЧД в рентгеновской двойной системе Лебедь X-1 ($M_x > 5.6 M_\odot$), см. рис. 6.

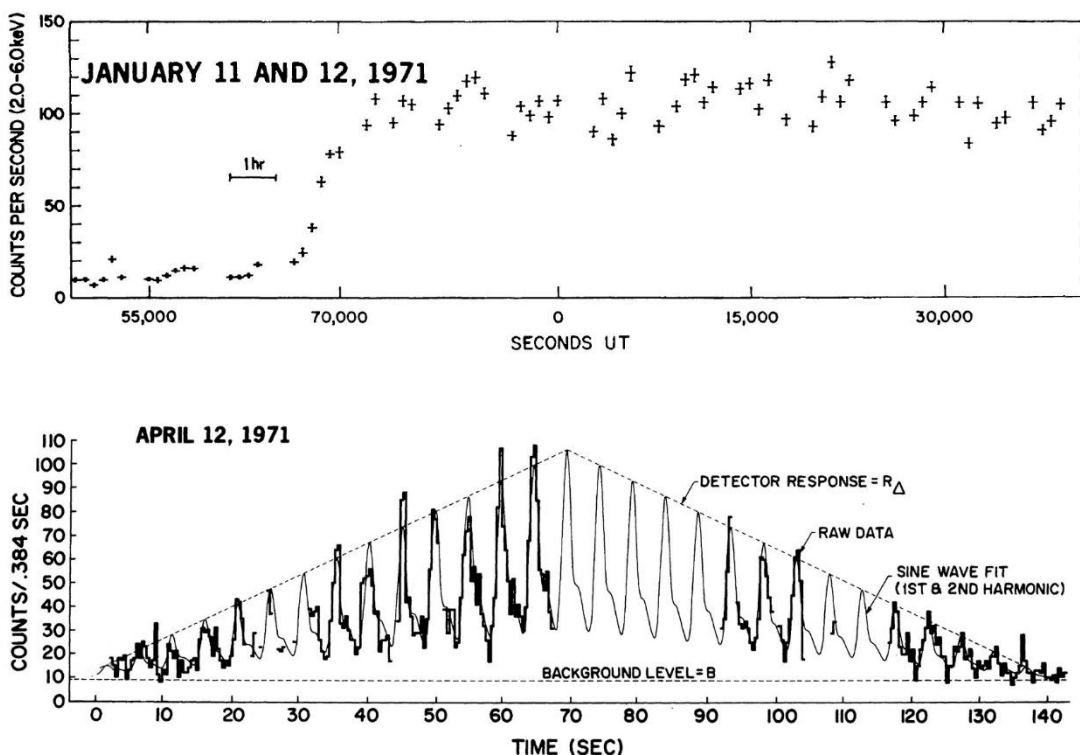


Рис. 3. Кривая рентгеновского затмения (вверху) и кривая рентгеновских пульсаций (внизу) для системы Cen X-3. (По Р. Джаккони и др.). Зависимость амплитуды рентгеновских пульсаций от времени связана с влиянием диаграммы направленности детектора.

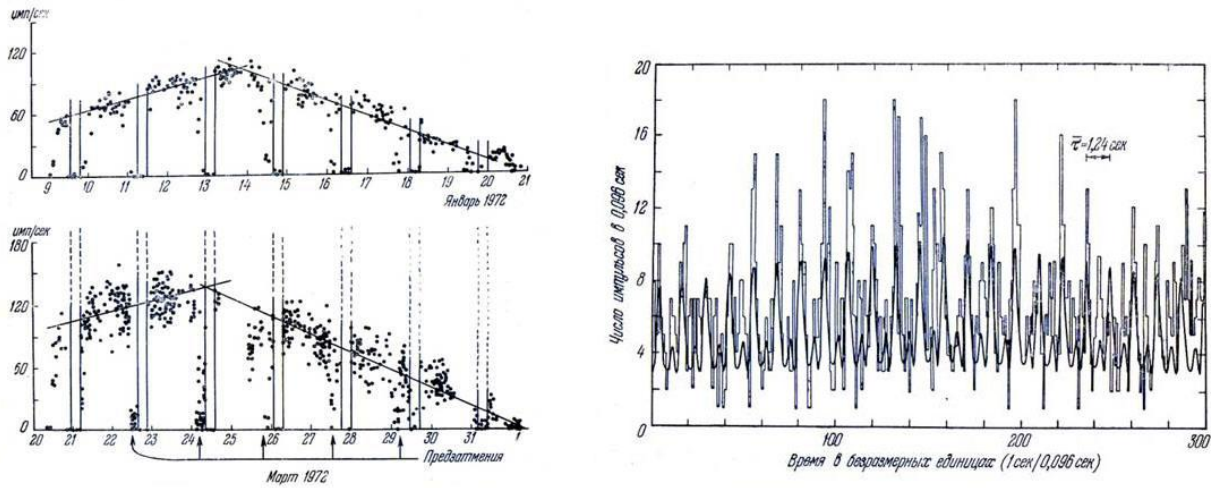


Рис. 4. Кривые рентгеновских затмений (слева) и кривая рентгеновских пульсаций (справа) для системы Cyg X-1. Помимо затменной переменности с периодом $\sim 1^d.7$, видна также прецессионная переменность с периодом $\sim 35^d$, вызванная прецессией аккреционного диска вокруг нейтронной звезды. (По Тананбауму и др.).

Исследования оптических проявлений рентгеновских двойных систем позволили развить эффективные методы оценок масс рентгеновских источников, в том числе, аккрецирующих ЧД. Отметим работы группы Н.Г. Бочкарева 1970-х – 1980-х гг., где были развиты методы интерпретации кривых блеска и кривых изменения поляризации излучения рентгеновских двойных систем.

То, что один из первых открытых компактных рентгеновских источников оказался аккрецирующей ЧД, вселило в ученых оптимизм. Появилась надежда на то, что скоро будет открыто много массивных рентгеновских источников – кандидатов в ЧД. Но на практике все оказалось значительно сложнее. Целых 11 лет объект Cyg X-1 был единственным известным кандидатом в ЧД. А подавляющее большинство компактных рентгеновских источников, открытых по программе UNURU, оказались аккрецирующими НЗ. В связи с этим у многих исследователей появились сомнения: а может быть, действительно ЧД не существуют во Вселенной? Эти сомнения усилились после публикации группой Б. Пачинского в 1974 г. модели Cyg X-1 как тройной системы. Предполагалось, что система Cyg X-1 состоит из двух массивных нормальных звезд и нейтронной звезды с массой около $1.5M_{\odot}$. Наблюдаемая большая функция масс системы отражает суммарную массу двух оптических звезд с большим различием в массах. Наблюдаемое рентгеновское излучение формируется при аккреции вещества нормальных звезд на НЗ. Поскольку процент тройных систем среди звезд не мал, такая модель вполне имела право на существование. Поэтому число оптимистов в программе поисков ЧД пошло на спад, и именно в 1970-е – 1980-е годы сторонники теорий гравитации, альтернативных ОТО, были наиболее активны (например, дискуссия между А.А. Логуновым и оппонировавшими ему Я.Б. Зельдовичем и Л.П. Грищуком – см. выше).

Лишь в 1983 году канадской ученой Энн Каули с сотрудниками удалось открыть второго кандидата в ЧД в рентгеновской двойной системе LMC X-3, масса которого была оценена в $8M_{\odot}$.

В системах Cyg X-1 и LMC X-3 оптические звезды – доноры вещества являются массивными звездами спектральных классов O-B с массами в $6 \div 20M_{\odot}$. Именно в таких

системах (их называют массивными рентгеновскими двойными) ученые вначале старались искать ЧД. В то время предполагалось, что двойные звезды чаще всего образуются как пары звезд с близкими массами (отношение масс компонент близко к единице). А поскольку ЧД образуются при коллапсах ядер массивных звезд, ученые для поиска ЧД выбирали именно массивные рентгеновские двойные системы. И они просчитались! В дальнейших исследованиях выяснилось, что распределение тесных двойных систем по отношению масс компонент весьма широкое, и отношение масс, близкое к единице, ничем не выделено. Но особенно важно то, что время ядерной эволюции массивной звезды в тысячи раз короче времени эволюции маломассивной звезды. Поэтому стадия аккреции и рентгеновского источника в двойной системе с массивной O-B звездой в тысячи раз короче стадии рентгеновского источника в маломассивной рентгеновской двойной с массой оптической звезды порядка $1M_{\odot}$. Отсюда следует, что обнаружить ЧД в массивной рентгеновской двойной системе гораздо менее вероятно, чем в маломассивной. Это и объясняет то, что успехи в открытии ЧД в массивных рентгеновских двойных системах на первых порах были весьма скромные.

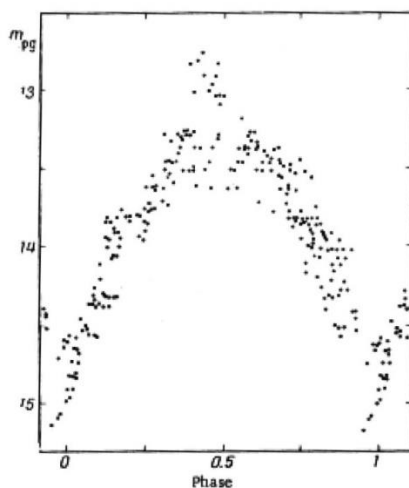


Рис. 5. Оптическая кривая блеска рентгеновской двойной системы Her X-1, обусловленная эффектом рентгеновского прогрева оптической звезды. (Из статьи А.М. Черепашука, Ю.Н. Ефремова, Н.Е. Курочкина и др., 1972).

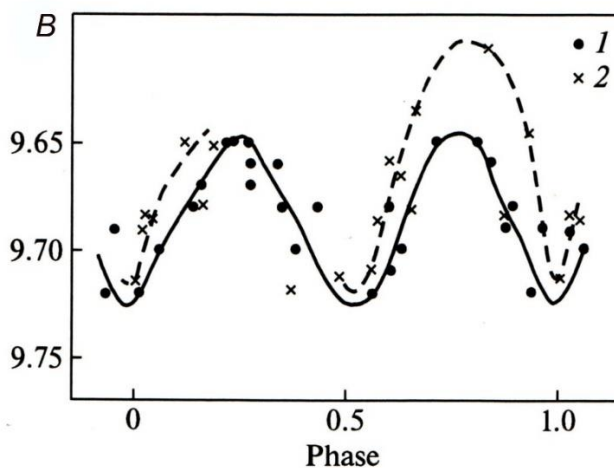


Рис. 6. Оптическая кривая блеска рентгеновской двойной системы Cyg X-1, обусловленная эффектом эллипсоидальности оптической звезды. (Из статьи В.М. Лютого и др., 1973).

В 1986 году американскими учеными Дж. Мак-Клинтоком и Р. Ремиллардом была открыта первая ЧД в маломассивной рентгеновской двойной системе A0620–00. Масса оптической звезды в этой системе составляет $0.7M_{\odot}$, а масса ЧД равна $8M_{\odot}$. Если массивные рентгеновские двойные Cyg X-1 и LMC X-3 являются квазистационарными, то маломассивная система A0620–00 принадлежит к классу транзиентных рентгеновских двойных – рентгеновских новых. После открытия ЧД в системе A0620–00 ученые стали более активно исследовать именно маломассивные рентгеновские двойные системы, и число открытых ЧД стало быстро возрастать. Если за первые 11 лет систематических рентгеновских наблюдений неба был открыт всего лишь один кандидат в ЧД – Cyg X-1, то за последующие 20 лет число открытых кандидатов в ЧД возросло до 18. А к настоящему времени число кандидатов в ЧД с надежно измеренными массами превысило три десятка. Следует отметить также открытие микроквара SS433 – первой рентгеновской двойной системы в сверхкритическом режиме аккреции с прецессирующим диском и релятивистскими джетами (двойственность этой системы в 1981 г. доказал А.М. Черепашук). Режим сверхкритической аккреции был предсказан в Н.И. Шакурой и Р.А. Сюняевым в 1973 г.

4. Наблюдения сверхмассивных черных дыр в ядрах галактик

В начале 1990-х годов началось массовое открытие сверхмассивных ЧД в ядрах галактик. Первые оценки масс сверхмассивных ЧД в ядрах очень активных галактик – квазарах были сделаны еще в 1964 году Я.Б. Зельдовичем и И.Д. Новиковым из условия равенства светимости квазара критической эддингтоновской светимости. Эти массы оказались очень велики, $\sim 10^8 M_{\odot}$. Систематические определения масс сверхмассивных компактных объектов (ЧД) в ядрах сейфертовских галактик были проведены в 1980 годах Э.А. Дибаяем. Чтобы определить массу объекта, достаточно знать скорость «пробного тела» (звезды, газового облака, газового диска), вращающегося вокруг него, и расстояние от этого тела до исследуемого объекта. По ширине мощных и широких линий излучения водорода в спектре галактического ядра Э.А. Дибай определял характерную скорость движения газовых облаков, вращающихся вокруг центрального сверхмассивного объекта, а по полной интенсивности этих линий находил характерный объем излучающего газа и, как следствие, оценивал по порядку величины характерное расстояние газовых облаков от центрального сверхмассивного компактного объекта. На этой основе Э.А. Дибаяем были получены оценки масс сверхмассивных компактных объектов в ядрах ряда сейфертовских галактик, которые оказались порядка $10^8 M_{\odot}$.

В 1973 г. А.М. Черепашук и В.М. Лютый открыли эффект запаздывания переменности эмиссионных линий в спектрах активных галактических ядер относительно переменности непрерывного спектра (континуума), что позволило оценивать характерное расстояние газовых облаков от центральной сверхмассивной ЧД не по порядку величины, а значительно точнее. Измеряя время запаздывания, можно дать надежную оценку расстояния излучающих в линиях газовых облаков –

«пробных тел» от центральной ЧД. При известной характерной скорости движения газовых облаков, определяемой по ширинам эмиссионных линий, таким способом можно определить массу ЧД. Эффект запаздывания был положен в основу метода определения масс сверхмассивных ЧД, называемого методом эхокартирования. Первые идеи метода эхокартирования были высказаны в 1973 г. в пионерской работе И.И. Антохина и Н.Г. Бочкарева. Преимуществом этого метода является то, что здесь скорости «пробных тел» и их расстояния от центральной ЧД оцениваются опосредованно. Поэтому метод эхокартирования можно применять для большого числа удаленных галактик, для которых разрешающей способности телескопа недостаточно, чтобы непосредственно «увидеть» «пробные тела». К настоящему времени методом эхокартирования измерены массы сотен сверхмассивных ЧД в активных ядрах галактик.

В последние годы метод эхокартирования был обобщен в работах Ю.Н. Гнедина и В.Л. Афанасьева с сотрудниками на случай спектрополяриметрических наблюдений активных ядер галактик. Привлечение поляризации излучения в линиях дает возможность оценить геометрию излучающей области вблизи сверхмассивной ЧД, что позволяет лучше прокалибровать результаты, полученные методом эхокартирования.

В случае достаточно близких галактик, применяя методы повышения углового разрешения телескопа (адаптивная оптика, метод спекл-интерферометрии, использование космических телескопов Хаббл, Джеймс Вэбб и т.п.), можно непосредственно «увидеть» «пробные тела» вблизи ЧД и измерить их скорости и расстояния от ЧД. Таким образом реализуется метод «разрешенной кинематики», который позволяет получать наиболее надежные и точные оценки масс сверхмассивных ЧД.

Первое определение массы сверхмассивной ЧД методом разрешенной кинематики было сделано группой Х. Форда (США) в 1994 г. для галактики М87. С помощью космического телескопа Хаббла была открыта дискообразная спиральная структура – газопылевая оболочка, окружающая центр этой галактики. Радиус оболочки 73 парсека. Спектры, полученные в разных частях этой структуры, показали, что она вращается по кеплеровскому закону. Отсюда была определена масса центральной сверхмассивной ЧД $3.2 \cdot 10^9 M_{\odot}$ (современное значение этой массы, основанное на изучении кинематики звезд в центральных частях галактики, составляет $\sim 6.6 \cdot 10^9 M_{\odot}$).

В конце 1990-х гг. группа Дж. Морана с помощью техники межконтинентальной радиоинтерферометрии с угловым разрешением в 200 микросекунд и спектральным разрешением 0.1 км/с по доплеровским смещениям мазерных линий водяного пара открыла дискообразную оболочку около сверхмассивной ЧД в ядре галактики NGC 4258 радиусом $\sim 10^{17}$ см. По движению отдельных уплотнений в этой оболочке дана надежная оценка массы ЧД, $3.5 \cdot 10^7 M_{\odot}$.

В случае эллиптических галактик, где регулярные скорости вращения выявляются с трудом на фоне больших случайных скоростей звезд, для оценки масс центральных сверхмассивных ЧД применяются статистические методы звездной динамики.

Помимо наиболее надежных методов эхокартирования и разрешенной кинематики, существуют более косвенные и менее точные методы оценок масс сверхмассивных ЧД, которые используются для быстрых определений масс ЧД. Обычно они калибруются с помощью результатов, полученных методом эхокартирования.

К настоящему времени разными научными группами измерены массы тысяч сверхмассивных ЧД, которые лежат в пределах $10^6 \div 10^{10} M_{\odot}$. Родилась новая наука – демография ЧД, которая изучает рождение, рост ЧД и их связь с классическими объектами Вселенной – звездами, галактиками и т.п.

Особо следует сказать об истории исследования сверхмассивной ЧД в центре нашей Галактики, который расположен сравнительно недалеко от Земли (~8.3 килопарсек).

Систематические наблюдения за движениями индивидуальных звезд вблизи радиоисточника Sgr A*, расположенного в центре нашей Галактики, были начаты в 1992–1995 годах двумя научными группами под руководством Райнхарда Генцеля и Андреа Гез, которые были удостоены Нобелевской премии за эти исследования в 2020 году.

Ввиду огромного межзвездного поглощения в направлении на центр Галактики, наблюдения велись в инфракрасном диапазоне спектра, в котором газ и пыль, окружающие центр Галактики, прозрачны. Поскольку угловой размер ближайших окрестностей сверхмассивной ЧД, где звезды центрального звездного скопления подвержены значительному гравитационному влиянию центральной ЧД, менее 1 секунды дуги (1 секунда соответствует 0.04 парсека или ~8000 астрономических единиц), авторы использовали современные методы повышения углового разрешения. Р. Генцель проводил наблюдения центра Галактики на 3.5-метровом и 8.2-метровом телескопах обсерватории Ла Силья и Европейской Южной обсерватории с применением метода спекл-интерферометрии. А. Гез наблюдала центр Галактики на 10-метровом телескопе КескII, расположенном на Гавайских островах, и применяла аппаратуру адаптивной оптики. Использованные авторами методы повышения углового разрешения позволили достичь точности определения положений звезд вблизи центра Галактики ~0.003 секунды дуги. В итоге были прописаны отрезки орбит около трех десятков звезд, обращающихся вокруг центральной сверхмассивной ЧД (см. рис. 7), а для одной звезды, под номером S2, к настоящему времени авторам удалось дважды прописать полную орбиту. Орбитальный период звезды S2 равен 15.6 лет. К наблюдениям центра Галактики подключилась команда GRAVITY collaboration, что позволило значительно уточнить параметры движения звезды S2 (см. рис. 8). Масса центральной сверхмассивной ЧД, определенная с использованием третьего закона Кеплера, получилась равной $(4.31 \pm 0.36) \cdot 10^6 M_{\odot}$. Это наиболее надежное (с точностью лучше 10%) определение массы сверхмассивной ЧД. Поскольку к настоящему времени отнаблюдены два орбитальных периода у звезды S2, удалось измерить релятивистское смещение периастра эллиптической орбиты этой звезды, которое хорошо согласуется с теоретическим значением, предсказанным в рамках ОТО Эйнштейна. Дальнейшие наблюдения окрестностей сверхмассивной ЧД в центре Галактики позволили открыть несколько звезд с более короткими орбитальными

периодами: 9.9 лет (звезда S62) и 7.6 лет (S4711). Изучая движения этих звезд, можно будет исследовать различные релятивистские эффекты, а также дать оценку вклада темной материи в суммарную массу центрального сверхмассивного компактного объекта в центре нашей Галактики.

Характерные размеры этого сверхмассивного объекта недавно, в 2018 году, были оценены с помощью интерферометрической системы GRAVITY с угловым разрешением порядка 10^{-3} секунды. Авторам удалось пронаблюдать вращение газовых облаков вокруг сверхмассивной ЧД в центре Галактики на расстоянии нескольких Шварцшильдовских радиусов.

Таким образом, к 2000–2015 годам наблюдательные данные по звездным ЧД в рентгеновских двойных системах, а также по сверхмассивным ЧД в ядрах галактик, по удачному высказыванию академика В.Л. Гинзбурга, укрепили нашу уверенность в реальном существовании ЧД по Вселенной. К сожалению, богатые наблюдательные данные по ЧД звездных масс и сверхмассивным ЧД в ядрах галактик, полученные до 2015 года, не могут служить окончательным доказательством существования ЧД во Вселенной.

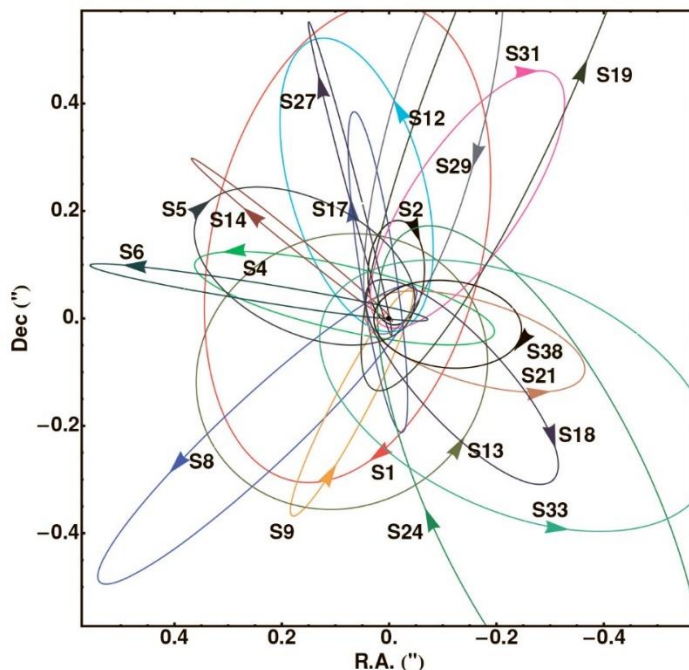


Рис. 7. Орбиты 26 звезд вокруг сверхмассивного объекта в центре Галактики, использованные для определения его массы. (По С. Гиллесену и др.).

Хотя аккрецирующие НЗ и ЧД в рентгеновских двойных системах различаются не только по массам, но и по наблюдательным проявлениям в полном согласии с предсказаниями ОТО, это не может служить доказательством существования ЧД, поскольку и некоторые аккрецирующие НЗ так же, как и ЧД, могут не показывать признаков наблюдаемой поверхности – явлений рентгеновского пульсара или рентгеновского барстера 1-го типа. Кроме того, очевидно, что нельзя судить о природе объекта по отсутствию у него каких-либо признаков (например, отсутствия наблюдательных проявлений наличия твердой поверхности). Что касается сверхмассивных ЧД, то по движению «пробных тел» вблизи ЧД надежно оценивается

лишь масса центрального сверхмассивного объекта, а радиус этого объекта оценивается весьма грубо по косвенным признакам (рентгеновское излучение, его быстрая переменность, движение газовых облаков на расстоянии нескольких гравитационных радиусов в случае центра нашей Галактики и т.п.).

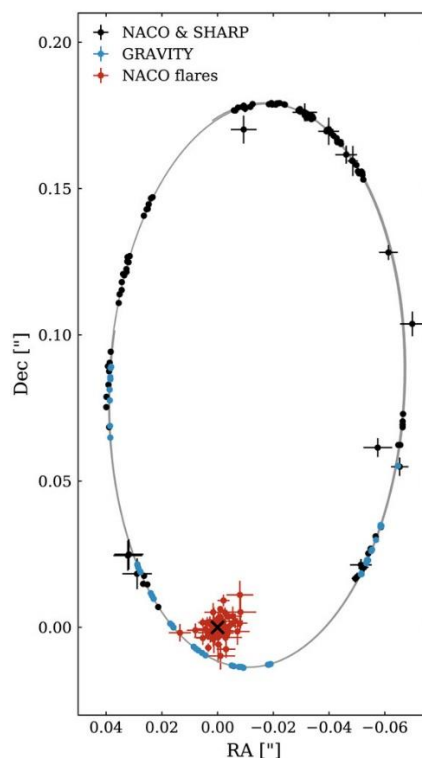


Рис. 8. Орбита звезды S2 по наблюдениям 1992–2019 годов. Красные кресты внутри эллипса – положение ИК источника, совпадающего с центральным источником SgrA*. (Из работы GRAVITY collaboration.)

Окончательные доказательства существования ЧД пришли из гравитационно-волновой астрономии (эксперимент LIGO) и из астрономии сверхвысокого углового разрешения (эксперимент Event Horizon Telescope). Опишем кратко эти выдающиеся результаты.

5. Гравитационно-волновая астрономия и черные дыры

В 2015 г. были открыты всплески гравитационно-волнового излучения от слияния ЧД в двойных системах.

11 февраля 2016 г. на специальной пресс-конференции американскими учеными было официально объявлено, что открыты гравитационные волны от слияния ЧД в двойной системе. Надежное детектирование гравитационных волн (ГВ) было осуществлено на двух лазерных гравитационно-волновых антеннах H1 и L1 американской обсерватории LIGO, разнесенных на расстояние ~ 3000 км.

В состав интернационального авторского коллектива вошли представители физического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова – группа, возглавляемая

В.Б. Брагинским, а также группа из института прикладной физики РАН под руководством Е.А. Хазанова.

Идея использовать оптический лазерный интерферометр Майкельсона для регистрации ГВ была высказана М.Е. Герценштейном и В.И. Пустовойтом в 1962 году.

Инициаторами создания лазерной гравитационно-волновой обсерватории LIGO были американские ученые К. Торн, Р. Вайс и Р. Драйвер.

14 сентября 2015 года на обеих антеннах (H1 в штате Вашингтон, в Хэнфорде и L1 в штате Луизиана, в Ливингстоне) был зарегистрирован гравитационно-волновой сигнал продолжительностью около полсекунды, который получил название LIGO GW150914 (если читать цифры справа налево, то получим 140915 – дату регистрации сигнала). Сигнал представляет собой квазинусоидальные колебания с увеличивающейся частотой и возрастающей амплитудой с последующим резким затуханием (так называемая стадия *ring-down*). Наблюдаемый ГВ сигнал хорошо описывается в рамках ОТО для модели слияния двух ЧД (см. рис. 9).

С открытием ГВ встает на прочный наблюдательный базис новая наука, которая начала развиваться в конце 1950-х – начале 1960-х годов в работах Дж. Уилера, К. Торна, И.Д. Новикова, Я.Б. Зельдовича и других ученых. Геометродинамика – это наука, изучающая нелинейную динамику искривленного пространства-времени. Гравитационно-волновая астрономия дает нам уникальную возможность исследовать не только различные материальные тела, такие как звезды, галактики и т.п., но и пустое пространство–время, которое можно рассматривать как один из видов материи, свойства которой, например, параметры кривизны и завихренности, можно реально исследовать с помощью ГВ телескопов.

Особенно ярко свойства пространства–времени раскрываются при слиянии ЧД в двойных системах. Поэтому открытие ГВ сигналов от слияния ЧД ставит проблему исследования ЧД на качественно новый уровень. Ранее, при исследованиях в электромагнитном канале, мы могли лишь пассивно наблюдать рентгеновский «ореол» вокруг ЧД, обусловленный аккрецией вещества спутника, и по движению этого спутника определять массу ЧД. Теперь мы можем как бы «экспериментировать» с черными дырами в двойных системах, изучать процесс их слияния, образование общего горизонта событий и исследовать различные моды затухающих колебаний этого горизонта. Это дает принципиальную возможность окончательного экспериментального доказательства наличия горизонта событий.

К настоящему времени рядом ГВ обсерваторий (LIGO, Virgo, KAGRA и др.) открыто 90 ГВ событий, в основном связанных со слиянием ЧД в двойных системах (каталог опубликовали в 2021 г. Р. Абботт и др.). Кроме того, открыты ГВ от нескольких слияний нейтронных звезд в двойных системах. Из сравнения времен прихода ГВ и оптического сигнала от этих слияний ученым удалось показать, что скорость распространения ГВ в пространстве с огромной точностью ($\sim 10^{-15}$) совпадает со скоростью света. Это позволило отвергнуть ряд теорий гравитации, альтернативных ОТО.

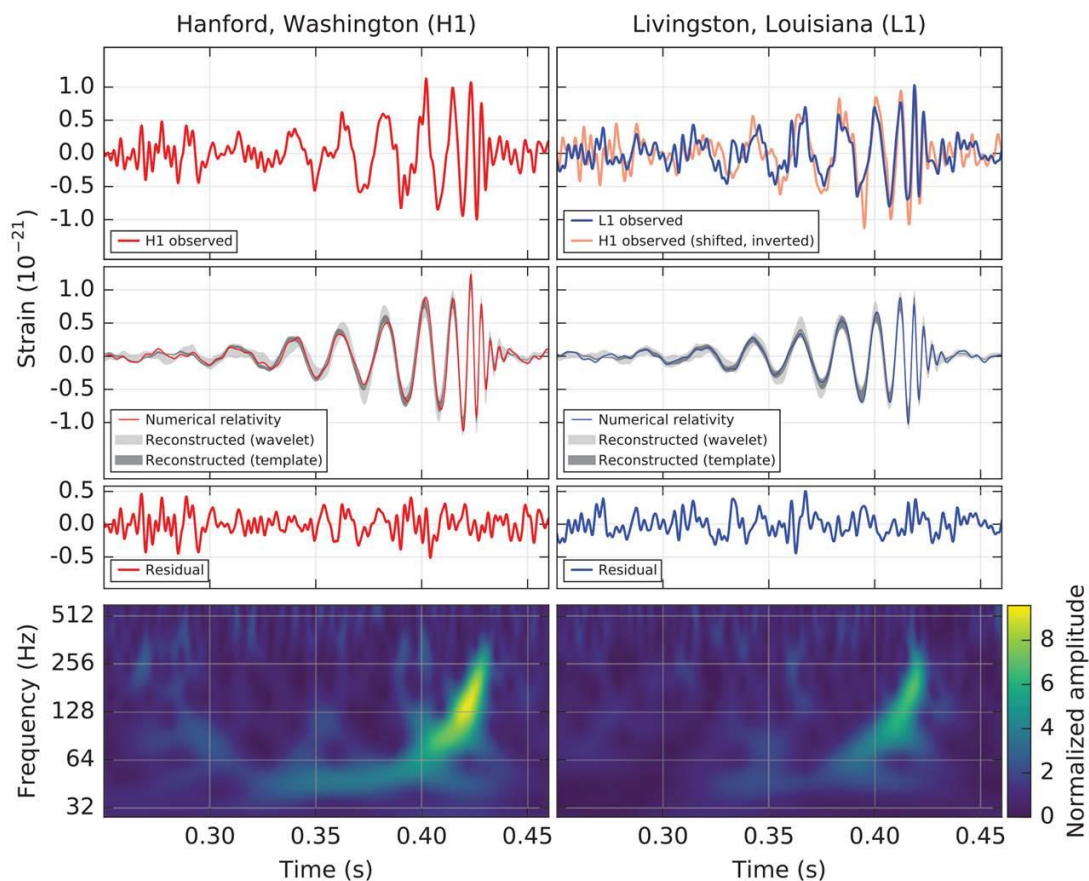


Рис. 9. Первый гравитационно-волновой сигнал от слияния черных дыр в двойной системе GW150914, открытый обсерваторией LIGO. (По В. Abbott et al.).

То, что первые ГВ сигналы были открыты от слияния ЧД, а не НЗ, не стало неожиданностью для ученых. Еще в 1997 г. астрофизики из ГАИШ МГУ В.М. Липунов, К.А. Постнов и М.Е. Прохоров предсказали, что обсерватория LIGO первыми должна зарегистрировать сигналы от слияния ЧД, а не НЗ. Хотя частота слияния ЧД в двойных системах ($\sim 10^{-5} \div 10^{-6}$ слияний в год на одну стандартную галактику) существенно ниже, чем частота слияния НЗ ($\sim 10^{-4}$), при слиянии ЧД выделяется намного большая энергия в виде ГВ. Это позволяет регистрировать ГВ излучение с гораздо больших расстояний. Поскольку объем пространства пропорционален кубу расстояния, количество доступных для наблюдений сливающихся пар ЧД увеличивается и, соответственно, возрастает вероятность их обнаружения с помощью ГВ телескопов.

Поскольку задача определения параметров системы двух ЧД (масс, угловых моментов и т.п.) из наблюдаемого ГВ сигнала переопределена (число искомых параметров значительно меньше числа уравнений, описывающих наблюдаемые точки на кривой ГВ сигнала), при ГВ наблюдениях сливающихся двойных ЧД удастся не только определить массы ЧД, но и многократно проверить справедливость уравнения ОТО в динамике, в сверхмощных переменных гравитационных полях. Во всех случаях не обнаружено каких-либо несоответствий между ОТО и наблюдениями ГВ.

Это дает веские основания утверждать, что ЧД звездных масс (с массами $\sim 4 \div 100 M_{\odot}$) окончательно открыты.

6. Астрономия сверхвысокого углового разрешения и сверхмассивные черные дыры (Event Horizon Telescope)

В последние годы ученым удалось построить изображения ближайших окрестностей сверхмассивных ЧД в ядре галактики М87 и в ядре нашей Галактики. Результаты опубликованы в 2019–2022 гг. Использовалась наземная межконтинентальная радиоинтерферометрическая система Event Horizon Telescope (ЕНТ), представляющая собой глобальную сеть субмиллиметровых радиотелескопов, включающую в себя радиотелескопы США, Германии, Японии, Чили, Тайваня и других стран, в том числе радиотелескоп, расположенный на Южном полюсе. Важно то, что эти телескопы работают в диапазоне коротких радиоволн ($\lambda \lesssim 1.3$ мм). Лишь в диапазоне коротких радиоволн удастся «пробиться» к горизонту событий центральной сверхмассивной ЧД, которая окружена сравнительно плотной намагниченной плазмой, излучающей как тепловое, так и нетепловое, синхротронное излучение. На длинных волнах, из-за рассеяния радиоизлучения на неоднородностях плазмы и из-за синхротронного самопоглощения, центральная сверхмассивная ЧД недоступна для прямых наблюдений.

На длине волны 1.3 мм угловое разрешение ЕНТ составляет $2.3 \cdot 10^{-5}$ секунды, а на волне 0.9 мм угловое разрешение будет $1.5 \cdot 10^{-5}$ секунды. Для сверхмассивных ЧД в центрах нашей Галактики ($M_{\text{ЧД}} = 4.3 \cdot 10^6 M_{\odot}$) и галактики М87 ($M_{\text{ЧД}} = 6.6 \cdot 10^9 M_{\odot}$) на таких коротких радиоволнах можно непосредственно наблюдать ближайшие окрестности ЧД: внутреннюю часть аккреционного диска и темную тень в его центре, обусловленную захватом фотонов фотонной сферой ЧД. Подчеркнем, что только экстремально сильное гравитационное поле ЧД способно заставлять фотоны, распространяющиеся со скоростью 300000 км/с, двигаться по круговым траекториям вблизи ЧД. Гравитационное поле НЗ недостаточно сильно, чтобы закруглять траектории фотонов (НЗ не имеет фотонной сферы). Поэтому обнаружение темной тени в центре аккреционного диска вокруг центрального компактного сверхмассивного объекта является прямым свидетельством того, что этот объект является ЧД.

В случае Шварцшильдовской ЧД, наблюдаемый линейный диаметр тени (гравитационно-линзированного изображения фотонной сферы ЧД) в ~ 2.6 раза больше шварцшильдовского диаметра ЧД ($4GM/c^2$).

Для сверхмассивной ЧД в центре нашей Галактики ($M_{\text{ЧД}} = 4.3 \cdot 10^6 M_{\odot}$), удаленной от нас на расстояние 8.33 кпк, угловой диаметр тени составляет $5.3 \cdot 10^{-5}$ секунды, что превышает разрешающую способность ЕНТ ($2.3 \cdot 10^{-5}$ секунды). Для сверхмассивной ЧД в центре галактики М87 ($M = 6.6 \cdot 10^9 M_{\odot}$), для которой расстояние составляет $1.8 \cdot 10^4$ Мпк, диаметр тени равен $3.8 \cdot 10^{-5}$ секунды дуги.

Таким образом, с помощью ЕНТ вполне реально «увидеть» изображения темных теней для сверхмассивных ЧД в центрах галактики М87 и нашей Галактики.

Большая и сложная работа по выполнению интерферометрических наблюдений и их математической обработке привела научный коллектив ЕНТ к грандиозному

успеху. Были построены изображения теней для сверхмассивных ЧД в центрах нашей Галактики и галактики M87 (см. рис.10).

Наблюдаемые размеры этих теней прекрасно согласуются с их размерами, вычисленными с помощью формулы ОТО для тех значений масс ЧД, которые независимо определены по движению звезд вблизи этих ЧД.

Таким образом, благодаря достижениям научного коллектива ЕНТ, существование сверхмассивных ЧД в ядрах галактик можно считать окончательно доказанным.

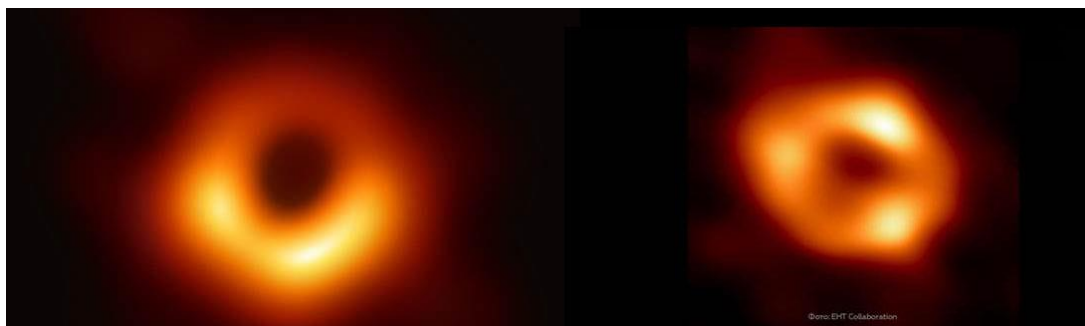


Рис. 10. Изображения внутренних частей аккреционных дисков вокруг сверхмассивных черных дыр в ядрах галактики M87 и нашей Галактики. В центре видна темная «тень» от черной дыры (гравитационно-линзированное изображение фотонной сферы). (Из работ группы Event Horizon Telescope.)

7. Заключение

Многолетний (свыше 60 лет) и очень непростой труд ученых из многих стран по поиску ЧД во Вселенной к настоящему времени увенчался получением убедительных доказательств того, что ЧД – эти в высшей степени экстремальные объекты, в существование которых верится с трудом – реально существуют во Вселенной.

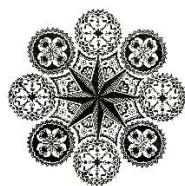
Рентгеновская астрономия обеспечила первый прорыв в наблюдательных исследованиях аккрецирующих ЧД. Были накоплены богатые сведения о многих кандидатах в ЧД. Развилась новая наука – релятивистская астрофизика. Был получен очень красивый результат. Оказалось, что НЗ и ЧД отличаются не только по массам, но и по наблюдательным проявлениям в полном согласии с предсказаниями ОТО. По меткому высказыванию В.Л. Гинзбурга, это укрепило нашу уверенность в реальном существовании ЧД во Вселенной.

Начиная с 2015 г., с появлением гравитационно-волновой астрономии и астрономии сверхвысокого углового разрешения, появились окончательные доказательства того, что как ЧД звездных масс, так и сверхмассивные ЧД реально существуют во Вселенной. К настоящему времени отпали все сомнения в существовании ЧД, и эти объекты завоевали «права гражданства» среди классических объектов Вселенной – звезд, галактик и т.п. Родилась новая наука – демография ЧД, которая изучает процессы рождения, роста ЧД, а также эволюционную связь между ЧД и классическими объектами Вселенной. Появился новый аспект проблемы ЧД – изучение двойных сверхмассивных ЧД. Ставится задача поиска «кротовых нор» во Вселенной. Планируются и развиваются новые наблюдательные эксперименты. С

борта рентгеновской обсерватории Спектр-Рентген-Гамма открыты сотни тысяч новых рентгеновских двойных систем с ЧД. В планируемом российском космическом эксперименте «Миллиметрон» предполагается наблюдать с угловым разрешением до 10^{-8} секунды сверхмассивные ЧД в ядрах галактик, а также искать «кротовые норы». Новые поколения ГВ обсерваторий, включая космические ГВ обсерватории, нацелены на детальные исследования звездных и сверхмассивных ЧД, включая двойные сверхмассивные ЧД. При исследованиях эволюции Вселенной и ее структур учитывается важная роль ЧД.

Открытие ЧД означает прорыв в нашем понимании природы материи и пространства-времени.

Можно заключить, что в настоящее время мы переживаем триумф ЧД.



Как добываются астрономические знания

Какие звезды можно найти на старинных астрольбиях

Сергей Юрьевич Масликов

Новосибирский государственный университет экономики и управления,
s.maslikov@mail.ru



Все астрономы знают, что такое подвижная карта звездного неба. Она вкладывалась в школьный астрономический календарь и состояла из двух листочков. На одном была напечатана собственно карта, а во втором листочке нужно было сделать круглую прорезь, соответствующую широте места наблюдений. После этого

лист с отверстием накладывался на карту, его можно было вращать, и он показывал положение горизонта и направления сторон света в данном месте в заданный момент времени.

Так вот, астролябия – это звездная карта наоборот. Внизу находится диск с линиями горизонта, альмукантарантов, линий азимутов, небесного экватора, отмечена точка зенита, небесного полюса, стороны света. Этот диск назывался тимпан, что переводится с греческого как «барабан». Он изготавливался под конкретную широту места. В корпус астролябии вкладывалось несколько тимпанов для разных широт. Сверху над тимпаном находился ажурный «паук» – это и есть звездная карта. Она могла вращаться, а тимпан под ней оставался неподвижным. Так же, как с помощью современной подвижной карты, с помощью астролябии можно было восстановить вид звездного неба на любой заданный момент времени на данной широте. А также решить все те же задачи, которые мы решали с помощью подвижной карты.

При первом взгляде на «паук» (рис. 1) вы не сможете разглядеть звезды. Кажется, что это какое-то произведение искусства, а не карта. Но приглядевшись, можно распознать указатели звезд. Они выглядели как штырьки, оформленные то в виде мечей, то в виде колпаков, то листьев, то птичьих носов – на что хватало фантазии мастера. Мастера не повторялись – каждый «паук» выглядел по-своему. Предполагалось, что звезды находятся на самом кончике указателей. Рядом с указателем обычно подписывали название звезды. Указатели восточных астролябий подписывались на арабском языке, европейских – по-латыни.



Рис. 1. Астролябия из коллекции Эрмитажа (инв. номер VC 939). Изготовлена между 1682 и 1707 гг. Диаметр 116 мм. На лицевой стороне виден паук, под ним – тимпан. На обратной стороне многочисленные шкалы и алидада. Все детали скреплены осью и штифтом. Фото автора.

Между звездами должны быть пустые промежутки, через которые можно было бы видеть линии тимпана, находящегося внизу. Чтобы можно было поставить нужную звезду на линию, соответствующую ее высоте над горизонтом. Поэтому звезд на

«пауке» не могло быть много. Первоначально астролябии содержали указатели от 17 до 24 звезд при диаметре «паука» 10–15 см. На астролябиях большего диаметра удавалось разместить 30 или даже 40 звезд.

В качестве примера рассмотрим арабскую астролябию, которая ныне хранится в Эрмитаже в Санкт-Петербурге (инвентарный номер VC 941) (рис. 2). Она изготовлена около 1710 года и имеет подпись мастера. Ее диаметр 90 мм. На пауке можно найти 25 указателей звезд. Прежде чем разбираться, где какая звезда, придется вывернуть мозг. Мы привыкли смотреть на небо, находясь внутри звездной сферы. Древние греки, придумавшие астролябию, мыслили более глобально – они представляли себя смотрящими на эту небесную сферу как бы извне. Поэтому звездная карта на «пауке» имеет зеркальное отображение.

Важный элемент этой карты – круг зодиака, эклиптика – широкая полоса, смещенная относительно центра. Этот круг разделен на 12 знаков зодиака, а знаки еще и на градусы. Так что можно было легко представить положение Солнца в заданный день года: начало Овна – 21 марта, 10-й градус Овна – 31 марта и т.д. И вот уже можно решать задачи, связанные с восходом и заходом нашего светила. Для ориентировки еще следует отметить, что в центре астролябии находится Полюс мира. Ось вращения совпадает с Полярной звездой, поэтому самой этой звезды на «пауке» нет. Внешний край «паука» – это тропик Козерога, склонение которого минус 23,5 градуса. Звезд, находящихся южнее этого тропика, на «пауке» тоже нет.

Внутри круга эклиптики на фотографии мы видим несколько звезд. Ближе всего к полюсу эклиптики (он не обозначен) находится Вега (№ 21). Вместе с указателями номер 22 и 23 она формирует большой летне-осенний треугольник. Посмотрите на Сириус - указатель номер 9 внизу. Мы привыкли, что он находится слева от Ориона. Здесь же звезды Ориона – Бетельгейзе (№ 8) и Ригель (№ 6) – слева от Сириуса.



Рис. 2. Паук астролябии VC 941 из коллекции Эрмитажа. Фото автора. Звезды упорядочены по прямому восхождению: 1 – β Cet; 2 – γ Cet; 3 – α Per; 4 – γ Eri; 5 – α Tau; 6 – β Ori; 7 – α Aur; 8 – α Ori; 9 – α CMa; 10 – α CMi; 11 – α Hya; 12 – α UMa; 13 – α CrI; 14 – γ CrV; 15 – α Vir; 16 – α Boo; 17 – α CrB; 18 – α Ser; 19 – α Sco; 20 – α Oph; 21 – α Lyr; 22 – α Aql; 23 – α Cyg; 24 – ϵ Peg; 25 – δ Aqr.

Пользователь астролябии должен был хорошо знать все эти звезды и легко находить их на небе. Причем даже при частичной облачности. Для чего все это? Дело в том, что главное предназначение астролябии в эпоху, когда механических часов не было и в помине – это определение истинного солнечного времени по звездам. Как это делалось (рис. 3)? На обратной стороне располагалась алидада – визир, который можно было навести на какую-то конкретную звезду из имеющегося на «пауке» перечня. Удерживая инструмент в отвесном положении, с помощью алидады измеряли высоту звезды. Затем нужно было найти эту же звезду на «пауке» и, вращая его, совместить кончик указателя звезды с линией измеренной высоты. Всё, вид неба восстановлен. Днем измерялась высота Солнца. Поскольку оно было выше горизонта, время бралось по противоположной ему точке эклиптики.

Затем ищем положение Солнца на эклиптике для заданной даты. Если это ночь, Солнце должно оказаться ниже горизонта. И там, ниже горизонта, проведены часовые линии – изогнутые сектора. В какой сектор попало Солнце, столько и часов времени. Ну еще можно было оценить – начало часа, середина или окончание. Ни о каких минутах речи быть не могло. Это потом европейские мастера стали делать дополнительные шкалы для более точных отсчетов времени.



Рис. 3. Научные изыскания в Стамбульской обсерватории. Справа от центра с астролябией – османский ученый Такиюддин аш-Шама (1526-1585). Миниатюра из турецкой рукописи последней четверти XVI века.

Еще один вопрос - для чего нужно было знать время в те далекие эпохи? Первое – для того, чтобы вовремя прочитать молитву, второе – чтобы правильно составить гороскоп рожденного. Для того и другого нужно было знать точное время. Для всех остальных дел время тогда определялось «на глазок».

Если вы захотите провести практические наблюдения с помощью астрлябии, не забывайте, что время раньше измерялось по-другому. Заход Солнца – это начало первого ночного часа, восход – окончание 12-го ночного часа и начало первого дневного. Ночные и дневные часы были, как правило, неодинаковой продолжительности. Но тогда это особо никого не волновало.

Теперь взглянем на типичный список звезд все той же астрлябии. Блеск звезд на «пауке» никак не отмечен. Среди самых ярких звезд неба здесь имеется звезда 3-й величины – δ Водолея (№ 25) и даже четвертой – α Чаши (№ 13). Они помогали заполнить пустые промежутки на «пауке».

Каждую звезду запоминали по ее положению в созвездии. В каталоге Птолемея они назывались незатейливо – звезда на клюве (β Лебеда), яркая звезда на хвосте (α Лебеда), звезда на груди (γ Лебеда). Арабы перевели все эти названия на свой язык. А вот европейцы, когда заимствовали научные знания от арабов, переводить не стали. Так мы и пользуемся до сих пор арабскими именами – Денеб, Альбирео, Садр.

Не всегда звезды на «пауке» поддаются быстрой идентификации. Исследователю приходится покорпеть над едва заметными черточками и штрихами. Из-за недостатка места мастер мог сократить название по своему усмотрению или вообще опустить его. Автор этой статьи использовал более строгий метод – совмещал «паук» со звездной картой. Но и он не всегда давал быстрый результат, так как указатели бывают смещены от своего правильного положения.

Что касается координат звезд, первым их дал Клавдий Птолемей в своем Альмагесте [1] во втором веке нашей эры. Потом из-за прецессии (скорость которой со временем уточнялась) координаты приходилось постоянно пересчитывать, из-за чего возникали различные ошибки. Иногда на астрлябиях даже появлялись несуществующие звезды.

Птолемей использовал в своем каталоге эклиптические долготы и широты. У него было 1025 звезд. Для практической работы мастерам нужен был короткий список с другими координатами – склонением и медиацией (производной от прямого восхождения). Такие списки на протяжении столетий составлялись многими десятками, если не сотнями. У арабов они входили в состав справочников – зиджей.

В этой статье автор рассказал только об одном элементе астрлябии, о ее звездной карте. На инструменте можно найти еще много чего интересного. Так, на внутренней поверхности, под тимпанами, арабы располагали справочники городов. В наше время с их помощью можно найти потерянные в истории поселения.

Для чего же вообще изучать эти древние инструменты? Дело в том, что до нашего времени дошло довольно значительное количество астрлябий. Во всем мире –

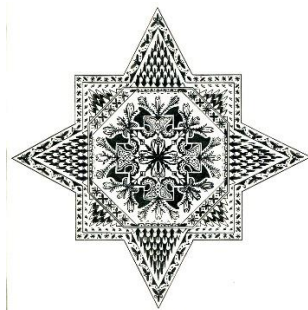
около полутора тысяч. У нас в стране их мало – всего два десятка. Музейные работники плохо представляют историческое место этих инструментов. Для них это тайна за семью печатями. А так хотелось бы, чтобы современные люди иногда останавливались и оглядывались в прошлое. Тогда они увидят, что наша цивилизация имеет очень глубокие корни. И знания, которыми люди владели две тысячи лет назад, до сих пор могут нас удивлять.

Более подробную информацию можно найти в статье автора [2].

Литература

[1] Птолемей Клавдий. Альмагест: Математическое сочинение в тринадцати книгах. // Перевод с древнегреческого. – М.: Наука, 1998.

[2] Масликов С. Ю. От звездных каталогов к таблицам и спискам звезд для астролябий. // Историко-астрономические исследования. Выпуск 38. – М.: Физматлит, 2015. С. 69–99.



Затмение Солнца в первый день Нового 1907 года

Сергей Юрьевич Масликов

Новосибирский государственный университет экономики и управления,
s.maslikov@mail.ru

Во все времена полные солнечные затмения привлекали внимание людей, вызывая поначалу страх и ужас, а позднее – научный интерес и неподдельный восторг от этого редкого и красивого зрелища. Где-то в начале XIX века ученые поняли, насколько важную информацию о нашем светиле можно получить, наблюдая его в тот момент, когда оно закрывается природным экраном – Луной. Причем закрывается с удивительной точностью. Как будто Луна специально создана для этого (рис. 1).

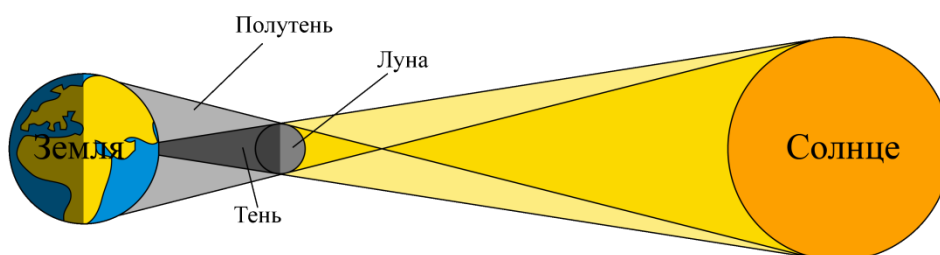


Рис. 1. Схема солнечного затмения.

В 1842 году российские ученые отправились в первые, специально организованные, экспедиции в Курск, Липецк и Пензу, чтобы в течение двух-трех минут наблюдать солнечное затмение. Это были первые попытки истолковать происхождение светящегося кольца вокруг Солнца и Луны, а также розовых язычков пламени, названных позднее протуберанцами. Тогда еще не было понятно, к чему относятся эти язычки – то ли к Солнцу, то ли к Луне.

С тех пор ученые старались не пропускать ни одного затмения. Они готовили специальную аппаратуру, чтобы за короткое время успеть зафиксировать все происходящие с Солнцем метаморфозы. В 1860 г. российские астрономы впервые отправились для этого в зарубежную экспедицию – в Испанию. А в 1887 г. нас посетило так называемое Большое русское затмение, поскольку полоса лунной тени пробежала по всей стране – с запада на восток. В связи с этим, наоборот, многие иностранные экспедиции прибыли в Россию.

Каждая такая экспедиция – это не просто попытка получить новые научные результаты, но и, подчас, целое приключение. Ученые отправляются зачастую в весьма отдаленные местности, чтобы в неизвестных условиях, иногда экстремальных, правильно установить громоздкую аппаратуру и в нужный момент, исчисляемый минутами, провести запланированные измерения. А как часто все их усилия в последний момент обращаются в прах из-за капризов погоды!

В этой статье речь пойдет о солнечном затмении, произошедшем в первый день нового, 1907 года, 1 января по старому стилю, по которому и жила в то время Россия. Это единственный за несколько столетий случай новогоднего затмения. Во время затмения на Землю падает лунная тень диаметром около 200 км. За счет движения Луны и вращения Земли эта тень как бы катится по поверхности нашей планеты, образуя полосу затмения.

Первого января 1907 года полоса затмения началась на Нижней Волге, пересекла Каспийское море и Среднюю Азию, затем, пройдя Китай, вновь вышла на территорию России на Дальнем Востоке. Только в этой полосе можно было наблюдать Солнце, полностью закрытое диском Луны, и видеть солнечную корону. За пределами полосы видны лишь частные фазы, при которых Солнце закрыто не полностью.



Рис. 2. Полосы двух затмений начала XX века, коснувшихся территории России [1].

Астрономы могли бы поехать на Нижнюю Волгу, в район Астрахани, где начиналась полоса. Но здесь затмение наблюдалось на восходе Солнца, низко над горизонтом, где наблюдениям сильно мешает атмосфера. Аналогичная ситуация была и на Дальнем Востоке. Здесь, в районе нынешнего Сковородино Амурской области, Солнце затмевалось уже на заходе. Да и хорошей дороги сюда не было – Транссибирскую магистраль еще не достроили.

Поэтому астрономы из Петербурга решили отправиться в Среднюю Азию, в предгорья Памира, где затмение происходило на высоте 20 градусов над горизонтом. Одну экспедицию подготовила главная российская обсерватория – Пулковская. В ее составе были академик Аристарх Аполлонович Белопольский, профессор геодезического отделения Академии генштаба Фёдор Фёдорович Витрам и молодой астроном Алексей Павлович Ганский. Ганский пригласил в экспедицию своего друга, чешского астронома Милана Штефаника.

Вторую затменную экспедицию в Туркестан организовало Русское географическое общество. Это была влиятельная общественная организация с богатой историей, начавшейся еще в 1845 году. Необходимые для различных экспедиций средства общество собирало у частных жертвователей. На этот раз основную сумму внесли великие князья Михаил (брат царя Николая II) и Константин (внук Николая I) – по 500 рублей каждый. Были и более мелкие взносы.

Членами Географического общества являлись ученые самых разных направлений, в том числе и астрономы. На этот раз в составе экспедиции преобладали сотрудники Главной палаты мер и весов, которая находилась в Петербурге. В то время Палатой руководил известный ученый Дмитрий Иванович Менделеев. Его помощником был профессор физики Николай Григорьевич Егоров. И тот и другой уже принимали участие в наблюдениях Русского затмения 1887 года. Менделеев в Клину поднимался тогда на воздушном шаре. А Егоров возглавлял затменную комиссию. На этот раз они не планировали участия в экспедиции, в дорогу собирались их сыновья. Василий Менделеев, младший сын ученого, только что окончил Морское училище и был самым молодым членом команды [2].

Федор Иванович Блумбах, старший инспектор Палаты, был опытным астрономом. Он начинал свою карьеру в Пулковской обсерватории при директоре-немце О. В. Струве. Но в 1890 году по инициативе Александра III директором впервые стал русский астроном Ф. А. Бредихин. В процессе «русификации» штата пострадал и Блумбах, хотя он был не немцем, а латышом. После этого его пригласил к себе на работу в Палату мер и весов Д. И. Менделеев.

В 1896 г. Блумбах уже руководил экспедицией на затмение в Восточную Сибирь и получил хорошие фотографии солнечной короны. Тогда организатором было Русское астрономическое общество. Правда, после затмения со стороны астрономов к нему были претензии. Он считал полученные фотографии своей собственностью и не спешил публиковать их [3]. В 1907 г. Блумбах вновь стал руководителем экспедиции вместе с профессором физики Борисом Вячеславовичем Станкевичем.

Еще два сотрудника Палаты – физик Михаил Николаевич Младенцев и физико-механик Иоганн Альбертович Кварнберг – изъявили желание ехать за свой счет, как и младший сын Менделеева. Еще один «доброволец», сын Н. Г. Егорова, внес в общий фонд 100 рублей.

Сама Палата мер и весов не несла финансовых затрат на эту экспедицию, но выделила имеющиеся у нее инструменты для наблюдений. А для переезда по железной дороге экспедиции был предоставлен специальный 18-метровый пассажирский вагон третьего класса. Этот вагон-палатка, как его называли, был построен на Сормовском заводе совсем недавно, и в конце 1904 года введен в строй. Предназначен он был для проведения ревизий и поверок измерительных средств повсюду, куда можно было доехать по железной дороге. В вагоне были два рабочих помещения и три купе для пассажиров.

Второго декабря 1906 г., когда до затмения оставался месяц, члены экспедиции все еще не могли выбрать конечную точку своего пути. Они собрались на квартире у опытного путешественника Петра Петровича Семенова-Тян-Шанского. Первоначально рассматривалось плато Деранг в Каратегине (Горная Бухара, ныне в Таджикистане) – оно находилось в 700 км от Самарканда. Семенов-Тян-Шанский рекомендовал выбрать место поближе, учитывая суровые зимние условия.

В дальнейшем штаб-квартирой стала квартира профессора Егорова, которая располагалась в жилом корпусе рядом с Палатой мер и весов (Московский проспект, 19). В этом же здании жили и другие сотрудники Палаты [4].

Поскольку ни Русское астрономическое общество, ни Астрономическая обсерватория Петроградского университета не планировали собственных экспедиций, Н. Г. Егоров и Ф. И. Блумбах обратились к ним за пополнением инструментального парка. Никого особо убеждать не пришлось: председатель Астрономического общества А. А. Иванов работал старшим инспектором Палаты и жил здесь же. А Блумбах был совместителем в обсерватории университета.

В Главной палате мер и весов имелся собственный телескоп – это рефрактор с 11-сантиметровым объективом на параллактической установке. Казалось бы – зачем

Палате телескоп? Дело в том, что по поручению Менделеева в структуре Палаты было организовано астрономическое отделение во главе с Блумбахом. Главной задачей отделения было измерение точного времени и хранение единицы времени – секунды. Кроме телескопа, здесь имелись и другие астрономические инструменты. Так химик Менделеев сделал первый шаг по созданию службы точного времени в нашей стране. Передача сигналов точного времени по радио из астрономической обсерватории в Пулковке начнется лишь в 1920 г.

Вскоре в распоряжении Туркестанской экспедиции оказался еще один, 12,5-сантиметровый телескоп. Его собрали по частям: труба с очень хорошим объективом принадлежала Русскому астрономическому обществу, а параллактическая установка с часовым механизмом – Петербургскому университету. Из Университета также были получены 15-сантиметровый кометоискатель, который решено было применить для изучения поляризации света короны, и еще один простенький 8-сантиметровый рефрактор.

Так что оснащение оказалось на уровне – целых четыре телескопа! Некоторые из них, правда, пришлось почистить от ржавчины, как говорится в отчете. Имелось также все необходимое для того, чтобы на месте собрать горизонтальный солнечный телескоп-коронограф: 15-сантиметровый объектив, целостат, длинная зачерненная труба. Было и много вспомогательного оборудования – хронометры, теодолиты, пассажный инструмент, универсал, метеоприборы, аккумуляторы, электрические фонари и т. д. Всего в списке оборудования 36 позиций.

О поездке на затмение узнал известный фотограф Сергей Михайлович Прокудин-Горский, изобретатель отечественной цветной фотографии. Он тут же пожелал присоединиться к экспедиции. Вместе с ним поехал врач и фотограф Василий Михайлович Фатьянов. Они внесли в фонд экспедиции по 300 рублей. В связи с участием профессиональных фотографов, для самого крупного 12,5-см рефрактора была изготовлена специальная фотокамера. С ее помощью планировалось получить цветные снимки короны по технологии Прокудина-Горского. Он первым в России научился получать цветные изображения с трёх негативов, снятых в разных цветах – синем, зелёном, красном.

Для фотографирования по системе С.М. Прокудина-Горского использовалась немецкая камера конструкции Мите-Бермполья. В специальной кассете перед фотопластинкой формата 8×24 сантиметра размещались три светофильтра. Кассета вместе со светофильтрами скачками сдвигалась по вертикальным направляющим, останавливаясь для экспозиции кадра. Так на пластинке получались три изображения. Прокудин-Горский изобрёл метод повышения чувствительности пластинки к красным лучам, что долгое время было проблемой, и сократил время экспозиции каждого кадра до одной секунды. В результате съёмка одной фотографии, состоящей из трех изображений, длилась несколько секунд, включая время для перемещения кассеты. Понятно, что изображение в кадре на протяжении этого времени должно было оставаться неподвижным. Это не всегда получалось, особенно для явлений природы – облаков, воды, листьев деревьев. Цветной фотобумаги тогда не было, но цветное изображение можно было увидеть на экране с помощью трёх хорошо совмещенных проекторов.

Но вернемся к экспедиции Географического общества, которая фактически являлась экспедицией Палаты мер и весов. К этому времени уже действовала запущенная в январе того же 1906 года Оренбург-Ташкентская железная дорога, которая присоединилась к существовавшей Среднеазиатской дороге (рис. 3). Так что удалённые места Туркестана оказались связаны с центральной Россией.

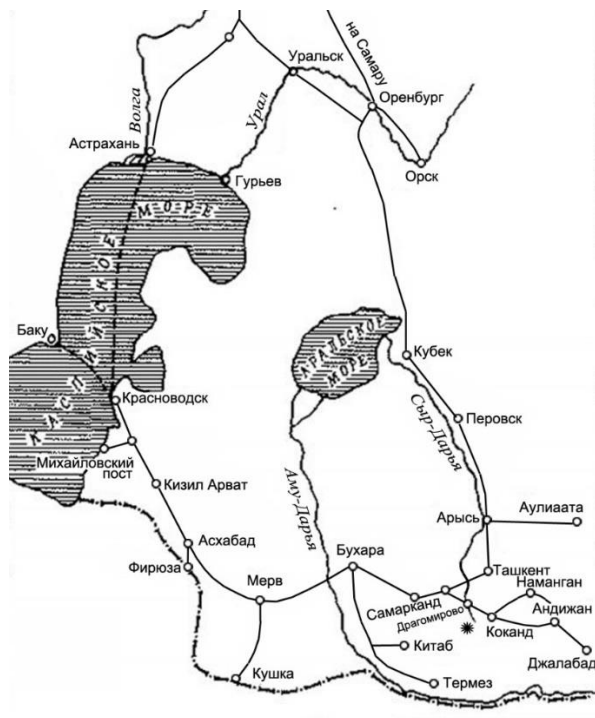


Рис. 3. Схема железных дорог Средней Азии до 1917 года. Звездочкой южнее станции Драгомирово отмечено место наблюдений.



Рис. 4. Вагон-палатка Главной палаты мер и весов – специальный 18-метровый пассажирский вагон третьего класса. Из фонда Метрологического музея при ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» [5].

Поезд с особым вагоном (рис. 4) вышел из Петербурга 15 декабря и через 6 дней прибыл в Ташкент (рис. 5). До затмения оставалось всего десять дней! Нужно было успеть пополнить припасы, получить у военных с окружного склада юрты и другое походное оборудование, заручиться необходимыми «оградительными» документами.

На местном базаре Станкевич докупил необходимые для оснащения каравана войлок и волосяные арканы.

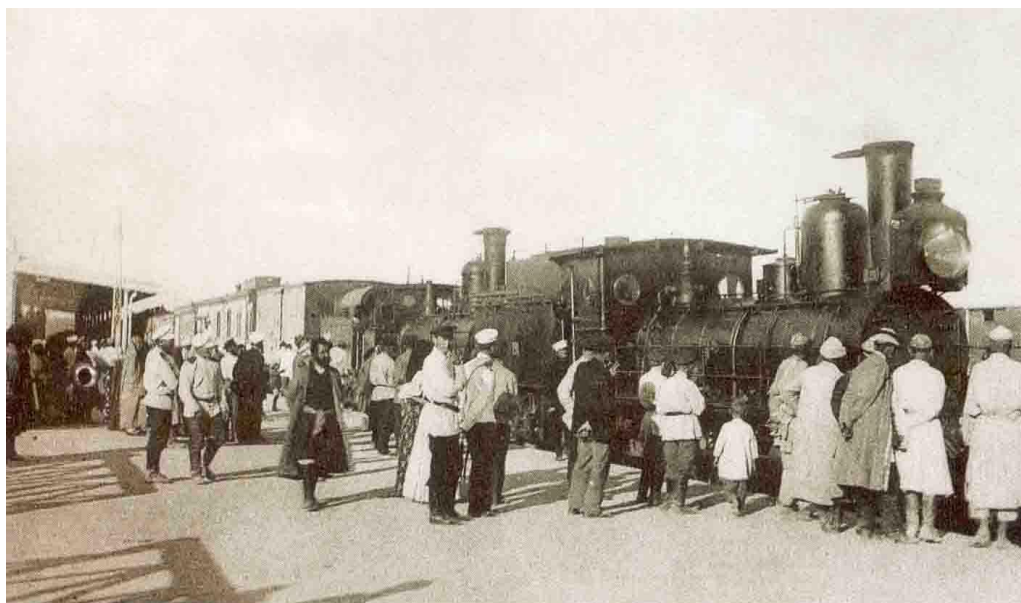


Рис. 5. На перроне Ташкентского вокзала. Почтовая открытка 1903 года.

Экспедиция, наконец, определилась с конечным пунктом назначения. Поскольку до затмения оставалось очень мало времени, выбрали пункт, лежащий всего в 30 км от железной дороги. Поезд доставил всех до станции Драгомирово (ныне Пролетарск, Таджикистан), где спецвагон был поставлен на запасной путь, а члены экспедиции после небольшой разведки двинулись на юг, в сторону Сулюктинских угольных копей (ныне это территория Киргизии). Владел этими копиями некий господин Овсянников. Сам он проживал в Ташкенте. На месте экспедицию встретил арендатор копей, хорошо знающий местность.

Громоздкий груз общим весом около 180 пудов (2,5 тонны!) перевозили самым надежным в этих местах транспортом – верблюдами (рис. 6). В горах лежал снег, дороги были скользкие. Астрономам помогали два казака из Ташкента, заранее нанятый проводник ходжа Якуб из Самарканда, несколько киргизов. Один из казаков, татарин по национальности, выполнял еще функции переводчика при общении с местным населением. Совместными усилиями груз был доставлен на вершину, которую местные называли Чаар-Таш. На современных картах эта вершина не обозначена, но ее координаты известны благодаря выполненным тогда геодезическим измерениям: широта $39^{\circ} 55' 12''$, долгота $39^{\circ} 14' 00''$ от Пулкова. Высота вершины – около 1700 метров над уровнем моря.



Рис. 6. На пути к месту наблюдений. Фотография С. М. Прокудина-Горского.

За пять дней до затмения на вершине горы закипела работа. Для установки главного инструмента кирками была выдолблена яма, которую заполнили камнями. На них встало чугунное основание монтировки. Стойки инструментов и юрты для надежности закрепили волосяными арканами – необходимая предосторожность во время сильных ветров – совсем рядом зияла пропасть.

В хорошую погоду с горы были видны башни минаретов, расположенных на восточной окраине города Ура-Тюбе. Там, среди развалин старой крепости, на расстоянии 44 км и на 700 метров ниже, расположились пулковские астрономы вместе со Штефаником. Конечно, они находились в более комфортных условиях. Здесь, на горе, ночевать приходилось в юртах (рис. 7). Спали вповалку на войлочной подстилке. Отдельная большая юрта была предназначена для подготовки к наблюдениям и сборки инструментов.



Рис. 7. На фотографии физик Б. В. Станкевич с казаками и киргизами. Из отчета экспедиции.

За два дня до затмения погода начала портиться. Появились высотные облака. Ветер утих, но облачность к вечеру достигла 9 баллов из 10. За сутки до Нового года начались осадки: снег чередовался с дождем. Первого января, в день затмения, за

полчаса до первого контакта начались порывы ветра. В сплошной завесе облаков появились разрывы. Это обнадеживало. Сквозь облачную дымку удалось зафиксировать момент первого контакта.

Однако незадолго до полной фазы облака сомкнулись намертво. Увы, главная цель экспедиции – корона Солнца – так и не показалась астрономам. Всё, что смогли сделать ученые – это описать игру красок во время затмения. Они отметили своеобразное, несколько фиолетовое освещение окружающих предметов. А по окончании полной фазы цвет предметов, освещённых вновь появившимся Солнцем, казался почти тёмно-оранжевым. Хорошо было видно движение тени Луны на облаках. Оставалось только увековечить себя на фотографии вместе с телескопами, находящимися в полной готовности к наблюдениям.

На общей фотографии в окружении мужчин-астрономов сидит милая женщина. Откуда она взялась в этих суровых походных условиях? В составе экспедиции женщин не было. Вероятнее всего, она прибыла на вершину в день затмения вместе со своим мужем, хозяином или арендатором Сулюктинских угольных копий. Можно даже попытаться угадать их фамилию. В воспоминаниях старого шахтера М. Гафурова, работавшего в Сулюкте с 1908 г., говорится: *«я живу на руднике Сулюкта с 1908 года, и за это время уезжал лишь ненадолго. Хозяином рудника был Овсянников, постоянно проживающий в Ташкенте, но фактически всем управляли Вербов и Подуровский»* [6].

Как по иронии судьбы, на следующий день над Чаар-Ташем сияло Солнце на совершенно ясном небе. Станкевич в этот день смог измерить поток солнечной радиации. Ему помогал Василий Менделеев, сын великого химика.

Ясная погода сопровождалась сильным ветром. Температура при этом опускалась до минус 15 градусов. Вечером 3 января был сорван с привязи один из телескопов. К счастью, его успели подхватить стоявшие рядом Блумбах и Кварнберг. Драгоценная оптика осталась невредимой.

Спуск с горы оказался более трудным, чем подъем. Лишь к 7 января караван добрался до железнодорожной станции. Но работа на этом не закончилась. Чтобы не возвращаться в столицу с пустыми руками, решено было расширить программу барометрических, гипсометрических (высотных) и магнитных наблюдений. Блумбах и Станкевич предприняли вылазку на перевал Обурдон. В 20-градусный мороз и сильный ветер караван достиг высоты около 3400 метров! До перевала оставалось совсем немного, но из-за усилившегося бурана и падения с обрыва двух лошадей было решено повернуть обратно. К счастью, неподалеку обнаружилась хорошая пещера, где можно было переждать непогоду. Затем двое с половиной суток продолжались комплексные наблюдения в кишлаке Аучи на высоте 2200 метров. Это было весьма важно для этих совершенно неизученных мест.

Прежде чем пуститься в обратный путь, нужно было еще «отработать» аренду вагона-палатки. Ф. И. Блумбах превратился в старшего инспектора. Вагон совершил рейсы в Андижан, Ново-Маргелан (ныне Фергана), Коканд, где была проведена ревизия мер и весов. В первую очередь проверялись весы для взвешивания товаров.

Если на железной дороге с этим было все нормально, то местные торговцы пускались во все тяжкие, пытаясь обмануть покупателей. И здесь уже многое зависело от местных властей. «Правильные» весы должны были иметь клеймо об их поверке. А поверку торговец должен был оплачивать по установленным тарифам. Из этих платежей складывался доход Главной палаты мер и весов.

Спустившись с гор, участники экспедиции узнали печальную новость: 20 января в Петербурге в возрасте 72 лет от воспаления легких скончался Дмитрий Иванович Менделеев. Сын Василий, находящийся в составе экспедиции, не смог проститься со своим отцом. 23 января члены экспедиции организовали панихиду по покойному в соборе города Самарканда.

Обратный путь астрономов также пролегал через Ташкент. Здесь было сдано имущество, отпущены казаки, получившие по 25 рублей наградных. Нанятому проводнику пришлось выплатить 75 рублей, хотя никакой пользы от него не было – он проболел все время похода. Пришлось еще доплатить за две казенные юрты 19 рублей 70 копеек, чтобы возместить их повреждения, полученные во время трудного похода.

В 1907 г. в Ташкенте, несмотря на отдалённость от столицы, работали известные российские астрономы и геодезисты. Ещё в 1873 г. в Ташкенте была создана астрономическая обсерватория. Ее особенностью было то, что находилась она в довольно странном, можно сказать, двойственном положении. Средства на содержание обсерватории отпускало Министерство народного просвещения. А штатные служащие числились по военному ведомству и носили военную форму. Их непосредственным начальником был начальник военно-топографического отдела. Сам отдел был в ведении штаба Туркестанского военного округа.

Кроме того, в 1899 г. по инициативе военных топографов в Туркестане построили Чарджуйскую широтную станцию (близ нынешнего города Туркменабад), включённую в мировую сеть слежения за полюсом. Таких станций в мире было пять: две в США, одна – в Италии, одна – в Японии и одна в России. Все они располагались на одной широте – 39°08'.

Астроном и геодезист Дмитрий Данилович Гедеонов прожил в Ташкенте более десяти лет. В 1907 г. он занимал должность начальника Туркестанского военно-топографического отдела и, конечно, с радостью принимал своих коллег из столицы. В письме В. В. Витковскому от 1 февраля 1907 года он пишет: *«Изданная в 250 экземплярах она [брошюра о солнечном затмении] встретила такой неожиданно большой спрос, что живо разошлась до последнего экземпляра... Хотя затмение не удалось наблюдать, но проезд через Ташкент многих астрономов... доставил нам, уединенным от общения с коллегами, великое наслаждение. Я даже не помню, когда я проводил в Ташкенте время так весело и интересно, как во время трех-четырех обедов, данных нами Белопольскому, Витраму, Ганскому и четверым иностранцам. Белопольского я узнал как очень душевного и веселого человека»*. Речь идет об участниках пулковской экспедиции, а упоминаемые иностранцы – это Штефаник и немецкие астрономы из Гамбурга [7].

Алексей Ганский и Милан Штефаник сдружились во Франции, работая на обсерватории Пьера Жансена на Монблане. Увы, оба закончат свою жизнь трагически.

Ганский в следующем после затмения году погибнет во время купания в Чёрном море. Милана Штефаника ожидает бурная политическая карьера, он достигнет поста министра обороны Чехословакии, но в 1919 году его самолет потерпит крушение [8].

С Аристархом Аполлоновичем Белопольским ранее Гедеонов не был знаком. Но был наслышан, что тот был замкнутым человеком и слыл чудачком, к тому же довольно вспыльчивым. Теперь Гедеонов лично увидел положительные качества известного астронома, только что ставшего академиком. Другой его гость, Федор Федорович Витрам, хотя и был латышом, хорошо говорил по-русски и даже считал себя знатоком русского языка. Он часто сыпал пословицами и поговорками, иногда искажая их, например: *«Не так страшен черт, как его малютки»*.

Из письма Гедеонова мы также узнаем о том, что Блумбах во время пребывания в Ташкенте прочел «лекцию-экспромт» о проблемах современной физики и химии. «Хотя он и не оратор, но лекция его слушалась с захватывающим интересом», поскольку Блумбах ссылаясь на известных европейских ученых, с которыми лично был знаком – это лорд Кельвин, Рамзай, Дьюар, Кюри.

Подведем итог астрономическим экспедициям начала 1907 г. Увы, ни одна из двух команд российских астрономов не смогла увидеть корону Солнца. Амбициозный план – получить первые в истории цветные фотографии солнечной короны – выполнить не удалось. Но затмение все же осталось в истории, в том числе и благодаря цветным фотографиям С. М. Прокудина-Горского. Кроме общей портретной фотографии на месте наблюдения (рис. 8), он сфотографировал перевозку грузов на верблюдах, сделал пейзажные снимки Сулюктинских коптй, а также снимки по пути следования экспедиции. Вся коллекция фотопластинок в 1948 году была продана его наследниками в Библиотеку Конгресса США и, к счастью, сохранилась в хорошем состоянии. Уже в наше время удалось получить полноценные отпечатки этих кадров с необыкновенно реалистичными цветами [9].



Рис. 8. На общей фотографии, сделанной 1 января, в день затмения, у телескопа слева стоит С. М. Прокудин-Горский. У телескопа справа сидит руководитель экспедиции Ф. И. Блумбах. Рядом с ним стоит (часть лица закрыта) М. Н. Младенцев, ученый секретарь Палаты мер и весов. В центре кадра в

форменной фуражке предположительно арендатор или хозяин Сулюктинских копей с женой. Среди неопознанных лиц могут присутствовать: физико-механик И. А. Кварнберг, сын Д. И. Менделеева Василий Дмитриевич и В. Н. Егоров, сын известного физика Н. Г. Егорова. За кадром остался физик Б. В. Станкевич. Съёмку проводит, вероятно, фотограф В. М. Фатьянов, помощник Прокудина-Горского.

Автор выражает глубокую признательность за помощь заведующей Метрологическим музеем при ВНИИМ (г. Санкт-Петербург) Елене Борисовне Гинак.

Литература

[1] Масликов С. Ю. Наблюдения солнечных затмений в России и СССР. С древности до наших дней. // Новосибирск: Агентство «Сибпринт», 2021. – 436 с. (С. 111-115).

[2] Блумбах Ф. И., Станкевич Б. В. Туркестанская экспедиция для наблюдения полного солнечного затмения 1 (14) января 1907 года, состоявшаяся под покровительством Императорского Русского Географического общества. // С.-Петербург, 1908.

[3] Стратонов В. В. По волнам жизни. Том II. // Серия «Россия в мемуарах». М.: Новое лит. Обозрение, 2019. – 760 с.

[4] Векслер А. Ф., Крашенинникова Т. Я. Московский проспект. Очерки истории. // Центрполиграф, 2014. URL: <https://document.wikireading.ru/27652>

[5] Участие сотрудников Главной палаты мер и весов в Туркестанской экспедиции 1906-1907 гг. URL: <https://museum.vniim.ru/exh-tur.html>

[6] Эгемназаров Д. Э., Эралиев Ы. С. Зарождение и развитие угольной промышленности Кыргызстана в конце XIX – в начале XX веков (на примере Юго-запада Республики) // Наука и новые технологии, №3–4, 2007. С. 101–103.

[7] Письма Д. Д. Гедеонова к В. В. Витковскому // Историко-астрономические исследования. Вып. 4. М.: Наука, 1958. С. 509-571. (С. 560).

[8] Nyklová Petra. The Expedition of M. R. Štefánik to Observe the Total Solar Eclipse in 1907 from Turkestan. // Astronomical Heritage of the Middle East. Astronomical Society of the Pacific Conference series. 2019, V. 520, p. 89–91.

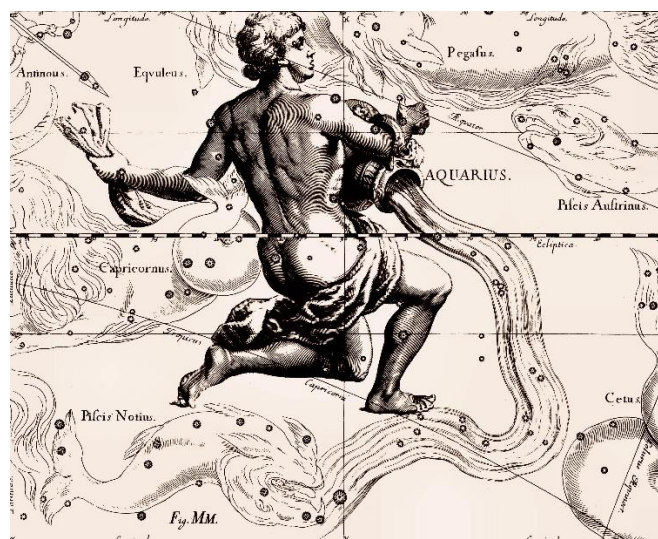
[9] Сайт: Открытый исследовательский проект «Наследие С. М. Прокудина-Горского». URL: <http://prokudin-gorskiy.ru/image.php?ID=2757>



Самое реформируемое созвездие

Юрий Владимирович СОЛОМОНОВ

Зодиакальное созвездие Водолея, будучи довольно большим, в то же время является самым невзрачным на видимом нам небе. Надо обладать очень хорошей фантазией, чтобы, глядя на него, представить фигуру человека, льющего воду. Именно поэтому с начала Нового времени разные астрономы пытались изменить границы Водолея. На текущий момент остались данные о семи таких изменениях, а сколько их было на самом деле – история умалчивает. Уж очень привлекательна для реформ эта область неба...



Как Водолей яркой звезды лишился

Созвездие Водолея лучше всего видно осенними ночами, когда начинается сезон дождей. Видимо из-за этого шумеры и дали название большому куску неба, где практически нет ярких звёзд, в честь своего бога вод Эа. От них созвездие перешло к древним грекам, поначалу представлявшим Водолея человеком с кувшином по имени Ганимед, который был виночерпием у бога Зевса. В дальнейшем, с появлением христианства и популяризацией мифа о Всемирном потопе, созвездие стало ассоциироваться именно с ним. Впрочем, «водные созвездия» представлены широким рядом: Козерог, водный козёл, расположился западнее Водолея, восточнее него – Кит и Рыбы, а южнее Водолея ещё одна Рыба – Южная.

Древние греки четких границ созвездий не вводили. Поэтому долгое время в созвездие Водолея входила самая яркая звезда осеннего ночного неба – Фомальгаут, которая одновременно была и самой яркой звездой соседнего созвездия Южной Рыбы.

А вот древние римляне стали первыми, кто попытался отхватить «кусочек» Водолея. Точнее, это был один человек, и звали его Адриан. Будучи императором, он использовал для нововведения властные рычаги. Новое созвездие называли в честь

Антиноя, который был его любимцем и погиб при странных обстоятельствах. Поэтому и решил император вознести его на небо. Большую часть Антиноя составили звёзды, ранее входившие в созвездие Орла, а от Водолея ему досталось всего несколько светил. Во времена римской империи созвездие Антиноя довольно прочно утвердилось на небе и даже переключалось в атласы Нового времени: Каспара Вольфа (1535), Яна Гевелия (1690) и Иоганна Боде (1782 и 1801).

Ещё одна реформа созвездия произошла в 1596 году, когда Водолей лишился своей самой яркой звезды: немецкий астроном Иоганн Байер отметил Фомальгаут, звезду первой звёздной величины, как α Южной Рыбы. А ярчайшей звездой Водолея он признал Садалмелик – в сравнении с Фомальгаутом, довольно тусклую звезду, блеск которой не ярче 3-й звёздной величины.

Немецкие преобразования

Пока Байер распределял звёзды по созвездиям и блеску, другой немецкий астроном и картограф Захария Бомман выпустил свой звёздный атлас, добавив ряд созвездий. Упразднить Водолея он не стал, но его часть выделил в отдельное созвездие, названное Урной Водолея, видимо считая, что иначе Водолей занимает слишком большую область неба, и надо бы придумать ещё одно, для лучшего отождествления объектов. Правда, в отличие от Антиноя, Урна не прижилась и более никем не изображалась.

В 1627 году Юлиус Шиллер предпринял отчаянную попытку переписать названия созвездий в честь христианских святых, вместо языческих богов и героев. Водолея он предложил переименовать в честь Иуды Фаддея (не путать с Иудой Искаротом), который проповедовал в Палестине, в Аравии, Сирии и Месопотамии и умер мученической смертью в Армении во второй половине I века н. э. Однако, несмотря на господство церкви в то время, ученые не приняли столь радикальные перемены на небе и восприняли идеи Шиллера как фарс.

Ещё одно подобное преобразование пытался осуществить в 1688 году Эрхард Вейгель, выпустивший карту неба под названием «Небесная геральдика», где предложил заметить все созвездия на гербы европейских государств. Водолей был «превращен» в Бельгийского льва или льва бельгов, который был изображен на гербе Нидерландов. Попал на его карту и герб Русского государства: созвездие Дракона он предложил переименовать в Георгия Победоносца (Дракон Московии). Эридан стал Турецкой Луной. Несмотря на то, что Вейгелю удалось даже создать несколько глобусов со своей небесной геральдикой, три из которых дошли до нашего времени, астрономы его звездные карты категорически не приняли.

В том же году Готфрид Кирх, из лести, создал два новых созвездия. Одно из них – Скипетр Бранденбурга было названо так в честь курфюрста Бранденбурга Фридриха III, а второе – Держава Императора, в честь императора Священной римской империи Леопольда I. Державу Кирх собрал из большей части звёзд северной части созвездий Водолея и Орла, умудрившись сохранить созвездие Антиноя. На картах оно изображалось как шар, увенчанный крестом. Правда, другие астрономы, за исключением Иоганна Боде, эти созвездия проигнорировали. А вот курфюрсту такое

внимание понравились, и в 1700 году он пожаловал льстецу должность директора Берлинской обсерватории. Жаль, что до окончания её строительства Кирх не дожил.

Моллюск и Лев

В 1712 г. вышел важный для астрономов каталог звёзд британского астронома Джона Флемстида; он, как и его немецкий коллега Байер, обозначил звёзды по созвездиям, но не в порядке блеска и не греческими буквами, а цифрами по прямому восхождению: самая западная звезда обозначалась 1, а самая восточная завершала нумерацию. В его каталоге Водолей состоял из 108 звёзд. Флемстид мог бы вернуть и удаленный яркий Фомальгаут, но не стал этого делать. Казалось бы, небесные преобразования на этом должны были бы закончиться, но не тут-то было...

В 1754 г. немецкий ботаник Джон Хилл выпустил 600-страничную книгу под названием «Урания, или полный взгляд на небеса», в которой предложил 15 новых созвездий, которые были связаны с червями, моллюсками и прочими не очень романтичными насекомыми. Одно из них, Зубовик (разновидность моллюсков), было образовано из 8 звёзд Водолея. Разумеется, астрономический мир не принял предложение ботаника, а кто-то даже счел его шуткой.

К концу XVIII века преобразования карт звёздного неба вновь активизировались. Теперь темп задавали французские астрономы. Впрочем, немцы тоже решили не отставать, и в 1785 году Карл-Йозеф Кёниг из части звёзд созвездия Водолея и соседнего Орла создал новое созвездие, назвав его Пфальцский Лев, в честь своего покровителя Карла Теодора курфюрста Пфальца и его супруги Елизаветы Августы, у которых он служил придворным астрономом. Интересно здесь то, что этот Лев располагался практически в противоположной стороне неба от зодиакального Льва. Ученые других стран, включая остальных немецких придворных астрономов, новшество не оценили, и ни на какие другие карты оно так и не попало.

Французы тоже не смогли пройти мимо реформ Водолея. В 1798 г. Жозеф де Лаланд, автор множества новых созвездий, включая Кошку, в честь полетов братьев Монгольфье на воздушном шаре решил поместить этот самый шар и на небо. Подходящую похожую фигуру он составил из звёзд Козерога, Южной Рыбы и Микроскопа, но чуть-чуть ухватил и у Водолея. Предложение было озвучено на первой европейской астрономической конференции в Готе, где нашлись сторонники нового созвездия, например, Иоганн Боде, который в начале XIX века изображал его на своих картах. Но особого распространения и оно не получило.

В 1822 г. британский популяризатор науки Александр Джеймсон издал «Звездный Атлас», куда, пойдя по пути Захария Боммана, добавил в руку Водолея новое созвездие Нилометр, выглядящей на его картах как рейка. Объяснял он это тем, что вода, вытекающая из разбитой урны у ног Водолея, часто ассоциировалась с Нилом; а в Древнем Египте для измерения уровня Нила при его разливах служил нилометр. Как и Кувшин, Нилометр не прижился, хотя «Звездный Атлас» пользовался довольно большой популярностью и переиздавался несколько раз.

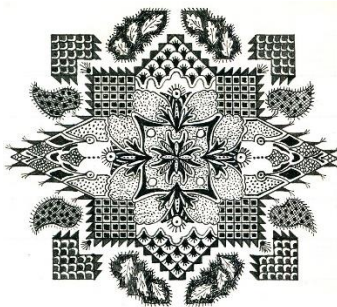
Лягушачья Лапа и Улитка

В 1922 году, по поручению Международного астрономического союза, бельгийский астроном Эжен Дельпорт начал работу по созданию единых границ созвездий, которые сейчас используются астрономами всего мира. Он же окончательно убрал и Воздушный шар, и Антиноя. Яркий Фомальгаут остался в границах Южной Рыбы, правда, в 1979 году астрономы открыли слабую звездочку, оказавшуюся спутником этой звезды, но расположена она в границах созвездия Водолея. Впрочем, профессиональным астрономам это не особо важно – они наводят телескопы по координатам, а не по названиям созвездий. А для любителей звезда слишком тусклая и неинтересная.

Однако стоит отметить, что любителям приходится начинать изучение звёздного неба как раз с определения фигур созвездий, а как уже отмечалось выше, у Водолея эта фигура очень неприметная. В 1954 году Ханс Рей издал книгу «Новые очертания старых созвездий», выдержавшую множество изданий и переведенную на многие языки мира. В ней он по-другому изобразил фигуры большинства созвездий, которые более или менее стали похожи на тех, в честь кого они названы. С Водолеем он возился довольно долго, в итоге у него получился эдакий бегущий человек с кувшином, из которого выливаются две струи в сторону Южной Рыбы.

Но все равно, Водолей слишком велик, и содержит в себе множество интересных объектов, так что астрономы-любители для упрощения поиска стали использовать неформальные обозначения для групп звёзд, видимых невооружённым глазом и формирующих похожую на что-то фигуру – такие объекты называют астеризмами. Так в Водолей вернулся Кувшин, являющийся теперь астеризмом из пяти звёзд. Другую группу звёзд, в центре которой находится переменный красный гигант χ Водолея, назвали Лапой Лягушки. Также в границах Водолея расположена одна из самых близких к нам планетарных туманностей, которая, на радость британскому ботанику Хиллу, неформально именуется Улиткой.

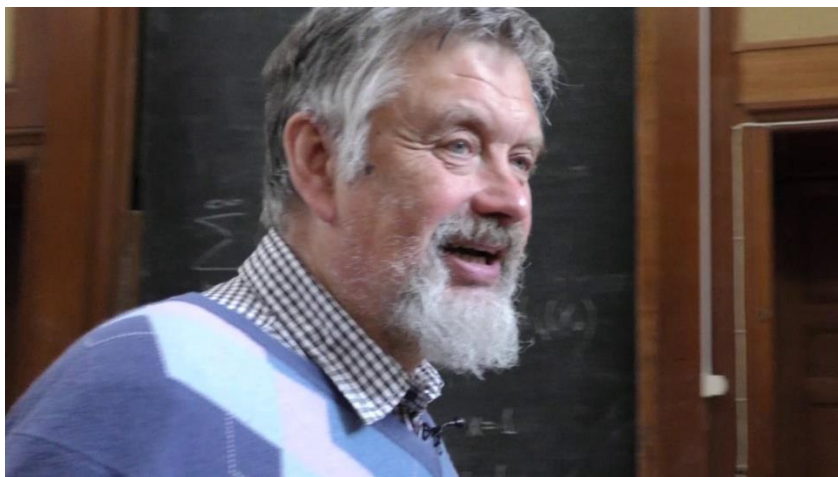
А еще в Водолее есть две звезды, которые претендуют на тождество с Вифлеемской звездой из Библии – это α Водолея, или Садалмелик, имя которой переводится как «царская звезда», другая – симбиотическая переменная типа Миры Кита с обозначением R Водолея.



Что разумно изменить и чего менять не стоит в преподавании математики на физическом факультете МГУ

Дмитрий Дмитриевич Соколов

Профессор физического факультета
Московского государственного университета
им. М.В. Ломоносова



Вопрос о совершенствовании преподавания вообще и математики в частности – один из вечных вопросов человечества. Злые языки говорят, что в надписях на стенах пирамид второе место за рекомендациями душам умерших на пути в мир иной уверенно занимают жалобы на плохие знания студентов и соображения о том, как можно улучшить ситуацию. Что можно сказать точно, так это что на подобные темы постоянно говорят преподаватели в перерывах между занятиями. Эти разговоры редко бывают полны энтузиазма. Вообще, работа преподавателя предрасполагает к депрессии. Объясняешь годами какую-нибудь простую и понятную вещь, например, что экспонента растет быстрее степени, и год от года убеждаешься, что студенты этого не знают и, видимо, никогда не узнают. Правда, время от времени ты встречаешь своего старого студента, который стал заметным человеком в науке, и он вдруг говорит, что это ты его научил. Это бывает редко, но дорогого стоит.

Я хочу подчеркнуть, что подобная пессимистическая нота характерна совсем не только для нашей страны. Мой многолетний соавтор и друг из Манчестера Дэвид Мосс буквально в тех же словах (только по-английски) описывал свои впечатления от студентов в своем университете. Этот университет, вообще-то, знаменит многими выдающимися достижениями в науке – буквально из окна кабинета Дэвида открывался вид на здание, где Килбурн со своей группой разрабатывал один из первых компьютеров, а недалеко было и здание, где когда-то работал Резерфорд.

Состояние творческого кризиса вообще характерно для науки и случит источником ее развития. Кроме этого общего соображения, важно и то, что проблемы образования во многом являются проблемами не столько и не столько научными,

сколько социальными. Когда знакомишься с учебниками, по которым преподавали математику в классической гимназии, то испытываешь некоторый шок – учебники и в особенности задачки чрезвычайно сложны. Они явно превосходят уровень не только среднего современного старшеклассника, но и студента младших курсов. Правда, временами закрадывается сомнение – правда ли, что гимназистов стоило учить подобным тонкостям и давать такие трудные задачи? Конечно, и в гимназии были лентяи и отстающие ученики, но в целом-то гимназисты брали выставленную планку. Видимо, разгадка в том, что в гимназиях обучалось меньшинство детей школьного возраста, а окончание гимназии было мощным социальным лифтом, который выводил гимназиста в люди – см., например, историю жизни А.П. Чехова. Если бы – говорю об этом чисто теоретически – мы воспроизвели бы систему образования гимназии и обучали в них, скажем, 10% детей, а на обучение остальных махнули бы рукой, то можно было бы очень заметно усложнить и усилить курс практически любой науки, включая математику, и добиться на этом участке работы существенных успехов. Правда, ценой заметной деградации всего общества в целом.

Ситуация с преподаванием математики в университете существенно лимитируется тем, что приходящие к нам студенты явно не усвоили многих идей, освоение которых предполагается школьной программой. Например, на одной из первых лекций говоришь – с понятием предела вы, пусть не в полной мере и бегло, знакомились в школе. В ответ не все, но многие говорят, что первый раз слышат это слово. Тогда спрашиваешь, а как же Вы вводили понятие площади круга? Отвечают – формулой $S = \pi r^2$. Другими словами, ученики этой школы не получили представления о математике как науке, о том, что нужно разделять определение некоторой математической величины и формулу для ее вычисления, что у человека нет представления о том, что в науке свои мысли нужно не просто высказывать, но и доказывать и т.п. Конечно, тебя охватывает чувство благородного негодования, но что-то удерживает от того, чтобы бросить камень в школьного учителя, подготовившего такого ученика. В самом деле, ведь только небольшое меньшинство выпускников школы действительно столкнутся в жизни с математикой как с наукой, а многие станут, скажем, токарями или слесарями. Уместно ли толкать их на то, чтобы вместо уверенного использования приведенной выше формулы они пускались в дискуссии на тему о том, насколько она обоснована? Конечно, поскольку я сам преподаю математику в университете и занимаюсь по мере сил наукой – для меня ответ очевиден: да, конечно, это нужно делать. Однако насколько мое мнение общезначимо и репрезентативно – не простой вопрос. Вспоминается стихотворение Б. Брехта 1940 г.: “Mein junger Sohn fragt mich: Soll ich Mathematik lernen? // Wozu? möchte ich fragen. // Daß zwei Stück Brot mehr ist als eines: // Das wirst Du auch so merken!” (Мой маленький сын спросил меня – нужно ли учить математику? Зачем – мог бы я ответить. Что два куска хлеба больше, чем один, ты узнаешь и так.)

Все-таки, что же можно прибавить к этим общим рассуждениям, пусть и подкрепленным мнением великого немецкого поэта?

Существующая система преподавания математики на физическом факультете МГУ выросла в ходе долгой эволюции и представляет собой единое целое. Как показывает опыт, эта система очень устойчива и с большим трудом воспринимает

изменения во многих своих параметрах. В то же время, система на протяжении последних десятилетий существенно менялась (естественно, в других своих параметрах), отвечая на изменения современной математики и физики. Напомним вкратце, в чем состоит эта система. Во-первых, важно, что математику на физфаке преподают не математики с мехмата или факультета вычислительной математики и кибернетики, а сотрудники кафедры математики того же физического факультета. Многие из них в большей степени являются физиками, чем математиками, а все так или иначе вовлечены в орбиту интересов физики. Это очень сильно отличает математику для студентов-физиков от математики для математиков и студентов многих других факультетов. Эта перестановка акцентов в свое время потребовала большого труда и научно-педагогического искусства всего коллектива кафедры. Саму эту реформу, занявшую пятидесятые – шестидесятые годы прошлого века, можно сравнить с аналогичной реформой преподавания математики на филологическом факультете для студентов-лингвистов, которая во многом определила лицо современной теоретической лингвистики. О ней можно почитать интересные и очень эмоциональные воспоминания замечательного отечественного логика В.А. Успенского. Не приходится сомневаться, что аналогичная ломка традиции преподавания математики на физфаке тоже вызвала бурю эмоций, но они, к сожалению, не нашли такого художественного воплощения, как аналогичные события на филфаке. Однако результат очевиден каждому, кто сравнит соответствующие учебники – учебники для физфака гораздо ближе к потребностям физики, чем мехматские учебники. Это, конечно, совсем не значит, что на мехмате плохо учат, совсем нет! Это значит, что физика и математика – различные науки и эту разницу нужно принимать во внимание по организации преподавания.

Если не входить в детали, то на физфаке обучение во многом (не во всем, конечно) идет от частного и простого к общему, более сложному и абстрактному, а на мехмате – во многом (тоже не во всем) от общего к более частному. Например, понятие предела, как известно уже более столетия, вообще говоря, не требует понятия расстояния. Поэтому можно сформулировать, скажем, понятие гладкого многообразия, не вводя на нем метрику. Это – идея важная и для математики, и для физики. Однако математика разумно познакомить с ней сразу же, а физика по мере того, как в ней возникнет явная потребность.

Важно подчеркнуть, что система математического образования на физфаке безусловно не ставит перед собой задачу сообщить студенту всего того из математики, что в будущем может потребоваться в его работе физиком. Дело в том, что такая расширенная задача вообще невыполнима. За время жизни в физике одного поколения существенно меняется набор тех математических понятий и методов, которые востребованы в физике. Сама современная физика настолько разнообразна, что один человек не может одновременно держать в поле своего внимания все мыслимые математические методы, существующие в современной физике, и предугадывать, что потребуется еще.

Существующая система математического образования на физфаке призвана дать минимальный объем математических знаний и навыков, который позволит в процессе работы физику изучить новый для него раздел математики или физики, который

вошел в круг его интересов. Подобная постановка вопроса позволяет преодолеть тот кризис, который знаком большинству активно работающих физиков – приблизительно раз в пять лет исчерпываются подходы и задачи, которыми ты занимался раньше, и нужно переключиться на что-то новенькое. Для этого нужно освоить что-то новое и непривычное и в области математики. Важно, чтобы человек был готов к такому повороту событий. Конечно, с годами такое переключение дается все труднее и труднее, но это уже имманентная проблема научной работы, которую ярко описал автор книг об Алисе. Для того, чтобы остаться на месте, нужно бежать изо всех сил.

Эти, в общем виде очевидные, мысли имеют неприятный практический аспект. Лектор по спецкурсам для старшекурсников обнаруживает, что студенты не знают разных вещей, которые ему кажутся очевидными. Он принужден немного поучить их нужной ему математике. Хотелось бы обойтись без этого, но в полной мере это невыполнимая задача. Приходится искать компромисс между желаемым и возможным. К этому, в конце концов, и сводится вопрос о том, как стоит модернизировать преподавание математики.

Что касается самого базового набора курсов, то, как представляется, он устоялся и включает части, без которых трудно представить себе современного физика. Это математический анализ, аналитическая геометрия, линейная алгебра, теория функций комплексной переменной, дифференциальные и интегральные уравнения, методы математической физики, теория вероятностей с расширениями в область математической статистики и случайных процессов. Кое-что в этом списке кажется устаревшим и всем известным. Кто же не знает, как вычислять простейшие производные и написать уравнение прямой, проходящей через две заданные точки? К сожалению, это иллюзия. Задавая подобные вопросы, мы смотрим на жизнь глазами опытного, бывалого человека. К сожалению (или к счастью), очень большие усилия в преподавании математики уходят на то, чтобы объяснить и научить самым простым вещам, например, как дифференцировать x^x .

Приходится считаться и с тем, что современный студент – очень занятой человек. Это звучит как неудачная шутка, но, к сожалению, это – горькая правда. Когда я сам был студентом, то занятия начинались, как и сейчас, – в девять утра и заканчивались около трех часов дня. Иногда занятия шли и до пяти, но сравнительно редко. После этого мы шли обедать, и у нас оставалось время на что-то еще – например, сходить на дополнительный спецкурс. Скажу честно, про что-то другое я помню только с третьего курса. Раньше времени на это не оставалось. Сейчас занятия идут до пяти, а иногда – до семи вечера. Домашние задания и все остальное тоже никуда не делись. Хочу сказать, что в эту напряженную жизнь должно как-то вписываться и формирование студента как личности. Жизнь все-таки не сводится к одной науке. В моей личной истории такая цепь напряженных занятий удачно прервалась поездкой на картошку в начале третьего курса, которая очень помогла мне взглянуть на свою жизнь со стороны и сильно способствовала взрослению. Конечно, у каждого поколения свои ориентиры и реперные точки на пути научного взросления. Однако попытка упаковать всю жизнь в разнообразные курсы лекций и семинаров – заведомо неудачный вариант.

До сих пор мы говорили только о теоретической, формульной математике. Конечно, современная наука немислима без компьютерной математики, которой студентов тоже нужно когда-то учить. Соответствующая система обучения тоже со временем возникла. Она венчается курсом математического моделирования. В этой области много методических и всяких других проблем, но все согласны, что этой части науки студентов нужно учить. У студентов тоже не возникает сомнений, что эта часть математики заслуживает изучения.

Пожалуй, важно сказать, что современная математика вообще очень сильно отличается от математики полувековой давности. Та математика во многом была ориентирована на исследования оснований математики, на построение стройного и логичного здания математической теории, которая, в общем, могла жить и без непосредственной связи с физикой (и другими конкретными науками). Современная математика во многом впитала черты экспериментальной науки, идейно приблизилась к физике или к другим наукам. Очень многие вопросы традиционного курса оказались переосмыслены в рамках этой новой картины математического знания. Хотя, скажем, курс математического анализа излагает идеи традиционной, формульной математики, многие из них получают новое звучание на фоне существования математики компьютерной. Приведу один пример. Вычисление на компьютере определенного интеграла – одна из простейших задач вычислительной математики. Она поддержана системой теорем, которые в той или иной мере нужно излагать студентам. Эти теоремы говорят о том, сколько сеточных точек нужно использовать для того, чтобы с заданной точностью вычислить интересующий интеграл. Проблема состоит лишь в том, что эти теоремы важны и интересны, но совершенно не приспособлены для использования на компьютере. Дело в том, что в них используются высокие производные подынтегральной функции, вычислить которые численно гораздо более трудная задача, чем взять интеграл. На практике для этого используется эмпирическая оценка Рунге (кстати, Рунге вовсе не наш современник, а ученик Вейерштрасса). С точки зрения традиционной математики эмпирическая оценка Рунге – не теорема, даже не правдоподобная гипотеза, а какое-то издевательство над математикой, как наукой. Она гораздо ближе к тем, совершенно нестрогим с математической точки зрения, методам, которыми пользуется в своей работе физик-экспериментатор. В задачу лектора по математическому анализу входит, конечно, задача описать, как теоретическая и компьютерная математика по-разному смотрят на эту коллизию. Подобные проблемы возникают во многих местах курса.

Подобная точечная модернизация курса происходит постоянно, и лекторы так или иначе с ней справляются. Несколько комично, что этот процесс существенно стимулируется работой ресурса ИСТИНА, куда каждый из нас (сотрудников МГУ) должен заносить результаты своей работы. Эта ИСТИНА регулярно спрашивает, кто является автором, скажем, курса математического анализа, который ты читаешь. Конечно, единственный разумный ответ, который может дать более-менее честный человек – Леонард Эйлер, который впервые начал читать этот курс. Ясное дело, что со времен Эйлера курс очень сильно изменился, но восходит-то он именно к Эйлеру. Ясное дело, что подобный ответ ИСТИНУ не устраивает. Приходится писать, что лектор и является автором курса, хотя недостаток этого ответа очевиден. Видимо,

здесь тоже проявляется общая проблема того, что каждый математический курс, меняясь, в основе сохраняет свой смысл.

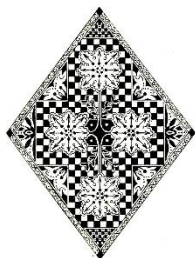
Пришло время обсудить, какие же новации курса математики все же в рамках всех этих оговорок казались бы полезными и необходимыми для того, чтобы дать студентам базис для своего будущего математического развития. Представляется, что в существующей системе действительно есть две бреши, закрыть которые было бы очень полезно.

Во-первых, это вопрос о том, что же представляет собой пространство состояний в интерпретации квантовой механики, предложенной Шрёдингером. Это пространство состоит из функций, расстояние между которыми вычисляется как интеграл от квадрата разности этих функций. Проблема состоит в том, что этот интеграл нужно понимать не в смысле Римана (эту конструкцию и изучают в курсе математического анализа), а в более совершенном, но и гораздо более абстрактном смысле, предложенном Лебегом. Без понятия интеграла Лебега и связанного с ним понятия площади и объема (более общо – меры) по Лебегу очень трудно понимать и излагать многие вопросы курса математики – это и преобразование Фурье, теория вероятностей – в ней тоже ничего не докажешь без теории Лебега. Желательность введения теории меры и интеграла Лебега в курс математики на физфаке очевидна давно всем преподавателям математики. Проблема в том, что эта конструкция несравненно более абстрактна, чем обычный интеграл Римана. Ее крайне желательно излагать на более старших курсах, параллельно с курсом квантовой механики. Тогда естественно появляется возможность гораздо более глубоко объяснить студентам, что, собственно, значит утверждение о том, что у оператора импульса свободной частицы спектр непрерывный и многие другие вопросы квантовой механики, остающиеся за кадром при современном изложении.

Второй очевидный пробел – отсутствие в курсе части линейной алгебры, отвечающей за понятие спина и связанные с ним понятия спинорного поля и другие. Поскольку понятие спина является одним из базовых понятий современной физики, архаическим выгладит излагаемый по необходимости взгляд, что физические величины бывают скалярными или векторными, умалчивая о спинорных. Конечно, это расширение курса линейной алгебры позволило бы поднять уровень освоения и многих других частей математики, где важна теория групп.

Реализация этой идеи тоже естественна на сравнительно старших курсах. Итак, два семестровых курса, посвященных этим вопросам – введение в функциональный анализ и современная алгебра – для студентов третьего или четвертого курсов действительно позволили бы решить эти важные вопросы.

Конечно, практическая реализация этих идей требует существенной увязки с представителями других кафедр, но в принципе не выглядит совершенно фантастической, поскольку современные студенты учатся на семестр дольше, чем студенты нашего поколения.



Люди науки

Мои боевые предки

Алексей Георгиевич Пахомов

Рязань

Я родился в Рязани, окончил физический МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «физика». Член международной общественной организации «Астрономическое Общество». Работаю преподавателем физики, математики и астрономии.

Хочу рассказать о своих боевых предках, без которых не было бы меня на свете. Благодаря им, их стойкости и смелости, заботе и доброте, мы продолжаем на этом свете жить.

Мой дед по материнской линии Иван Григорьевич Рыбалко родился на Украине в октябре 1914 г., в Черкасской области, Тальновском районе, деревне Звенигородка. На Украине у него осталось много родственников. Свою жизнь дед посвятил службе в Вооружённых силах СССР. Он был артиллеристом, командиром батареи. В 1939 г. воевал на Халхин-Голе под командованием Георгия Константиновича Жукова, когда советские войска освобождали братскую Монголию от японских захватчиков. За участие в боевой операции дед получил свой первый боевой орден Красной Звезды (рис. 1). В Великую Отечественную войну 1941–1945 гг. ему довелось охранять Северный морской конвой близ города Архангельска. В состав английского морского конвоя входил английский военный лётчик, астроном, впоследствии знаменитый писатель-фантаст Артур Чарльз Кларк. Возможно, им довелось встретиться на войне. А откуда тогда меня так тянет к астрономии и научной фантастике? За участие в Великой Отечественной войне дед получил орден Красного Знамени, второй орден Красной Звезды, орден Отечественной Войны, медаль «За боевые заслуги». Он продолжал служить в армии после войны в Мурманской области, дослужился до подполковника, был командиром части (рис. 2). Демобилизован в 1956 г., после чего поселился в Рязани, работал на Приборном заводе. Скончался Иван Григорьевич 2 июня 1992 г. Его имя выбито на мемориальной доске Приборного завода.

Моя бабушка, Раиса Игоревна Селенина (Рыбалко), родилась в Архангельске 8 августа 1924 г. Добровольцем убежала на фронт. Стала связисткой, лазила по столбам.

Попала в боевую часть под Архангельском. Там и познакомилась с моим будущим дедом. Вместе они прошли всю войну. Дослужилась до сержанта. Была награждена орденом Отечественной Войны. Она не расставалась с мужем до самого последнего дня. Архангельск, Мурманск, Североморск, потом Рязань. Бабушка служила машинисткой и бухгалтером в секретной части. В Рязани она работала бухгалтером в Рязанском радиотехническом институте. У супружеской пары было двое детей, Светлана и Александр.



Рис. 1. Старший лейтенант артиллерии Иван Григорьевич Рыбалко с орденом Красной Звезды, которым он был награжден за участие в боевой операции под Халхин-Голом.



Рис. 2. Военные северные будни. В центре – командир части, подполковник Иван Григорьевич Рыбалко.

Светлана Ивановна Рыбалко (Пахомова), моя мама (рис. 3), родилась в Мурманске 16 сентября 1947 г. Дочь командира части, она очень любила своего отца, который нередко возил её на «козле», военном автомобиле. Вместе они лазили по северным сопкам. В Рязани (рис. 4) моя мама участвовала в торжественной встрече Никиты Сергеевича Хрущёва, когда тот был проездом в нашем городе в марте 1961 г., накануне полёта в космос Юрия Алексеевича Гагарина. Мама окончила рязанскую среднюю школу № 5 и Рязанский медицинский институт. По специальности – санитарный врач. Больше 20 лет она проработала научным сотрудником в научно-исследовательском институте ВНИПИагрохим в Рязани, занималась разработкой спецодежды для работы с ядохимикатами. Мама регулярно ездила в командировки по Советскому Союзу, в том числе в Молдавию и республики Средней Азии. Наша родная, необъятная, совсем недавно единая страна.



Рис. 3. Бабушка и мама. Раиса Игоревна Рыбалко (Селенина) и ее дочь Светлана Рыбалко (Светлана Ивановна Пахомова).

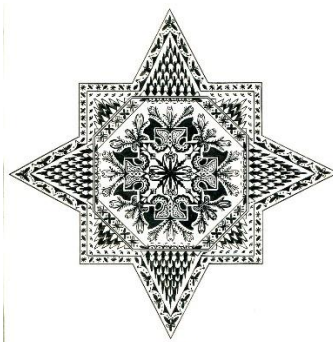
Я обожаю своих предков, горжусь ими. Мой дед был заядлым радиолубителем, своими руками собирал радиоприёмники. Ещё не учась в школе, я очень любил раскладывать на столе всевозможные радиодетали. Сопроотивления, конденсаторы, диоды, триоды, выключатели и провода. И, обязательно, паяльник. А как интересно было осваивать самодельный тестер – прибор для измерения напряжения, силы тока и сопротивления. И это в дошкольном возрасте! И многочисленные «боевые» походы, когда старший офицер, подполковник в отставке тщательно описывал и зарисовывал наши маршруты... Командирские карты, командирские линейки. Бывших офицеров не бывает! Обязательно, звёздное небо! Большая Медведица сопровождала нас морозными ночами. Это когда я уже учился в первом классе. Орион, Кассиопея и Плеяды. «Квочка» – так называл мой дед Плеяды, это красивейшее звёздное скопление. Так называли это скопление сельские жители в далёкой и такой родной Украине уже больше ста лет тому назад. Лично для меня Украина всегда будет самой дорогой и любимой республикой Союза ССР... А ещё дед был заядлым рыбаком и садоводом. Конечно, бабушка была рядом, и мама, и мой родной отец, Георгий

Евгеньевич. Бабушка продолжала работать бухгалтером, я помню, как звонко и азартно стучали деревянные костяшки счёта. И ещё была прабабушка, Елизавета Петровна Лисицына (Селенина). Она родилась в Архангельской области в октябре 1902 г. Прабабушка не оставляла нас все послевоенные десятилетия. Нас – это значит моих дорогих предков. Бабушку, дедушку, маму и её брата. И, конечно, меня. Мы все всегда вместе. Я не делаю между нами различий. Ни во времени, ни в пространстве. Но дед, мой боевой дед, старший офицер береговой артиллерийской охраны, останется для меня самым интересным человеком на свете. Самым добрым, самым искренним, самым любознательным. И самым честным.

Мои боевые предки. Наши прославленные ветераны. Они останутся со мной всегда, они будут с нами в вечности. Будут помогать преодолевать любые жизненные трудности и невзгоды. Мы будем всегда вместе!



Рис. 4. Рязанский Кремль.



Астрономия на детской площадке

Звезды

Вера Львовна Штаерман

ГАИШ МГУ И МОО АстрО

– Слушай! Вот я смотрю на звезды, смотрю... Они все разные. Одни яркие такие, другие слабее... И все как точки с лучиками. Почему?

– Во-первых, потому, что звезды, действительно, разные: одни ярче, другие не такие яркие. А во-вторых, разные звезды находятся от нас на разном расстоянии. И получается, что одна звезда кажется яркой потому, что она близко, а на самом деле она не такая уж яркая. А другая звезда очень далеко и потому кажется слабой, хотя на самом деле она гораздо ярче первой. И потому, что они так далеко от нас, они кажутся точками.

– Тогда самая яркая звезда – это Солнце. Оно ведь не точка с лучиками, а как кружок, и светит ярко-ярко.

– Солнце – это наша собственная звезда. Оно гораздо ближе к нам, чем другие звезды. Свет от Солнца доходит до нас примерно за 8 минут, а от ближайшей из других звезд – примерно за 4 года. С такого расстояния даже самые большие звезды кажутся точками.

– А если они – одни дальше, другие ближе, почему кажется, что все они на одном небе понатыканы?

– Просто они так далеко от нас, что мы не можем видеть, как далеко они от нас и друг от друга. Это как если идешь по полю или по дороге, а где-то далеко впереди лес. И кажется, что это одна сплошная темная полоса. А подойдешь поближе и видишь, что это много-много разных деревьев. Одни выше, другие ниже, одни растут ближе друг к другу, другие дальше. И между ними еще есть полянки и тропинки разные. Но деревья в лесу всегда стоят на одном месте, а звезды движутся.

– Ну да, как Солнце – то восходят, то заходят.

– Мы видим, что они восходят и заходят, потому что мы смотрим с Земли, а Земля вращается. Так же, как нам кажется, что Солнце восходит и заходит. Но звезды движутся и сами по себе и относительно друг друга. Одни медленнее, другие быстрее. Но не настолько быстро, чтобы покинуть свой звездный дом. Галактика называется. От греческого слова «галактос» – молоко. Видишь ту светлую полосу на небе? Как будто много-много слабых огоньков очень близко друг к другу. Это Млечный Путь. В старину было такое поверье, будто царица богов кормила ребенка и пролила молоко на небо.

– Правда, как будто кто-то молоко на небе разлил.

– Потом постепенно люди поняли, что Млечный Путь – это много-много далеких звезд. Но название звездного дома – Галактика – сохранилось.

– Слушай, а из чего звезды сделаны?

– Из газа.

– Который у нас на плите горит? Или из которого воздух сделан?

– Ну не совсем такого. Там особый газ, называется плазма. Он бывает там, где очень жарко. И в нем много самого легкого газа – водорода. А наша атмосфера, наш воздух, это смесь разных газов, и больше всего в ней азота и кислорода. Просто так, в комнате или на улице, газов не видно, но поводи быстро рукой туда-сюда, и ты почувствуешь воздух. Когда ветер дует – это тоже движение воздуха. Когда ты смотришь на небо днем, оно кажется голубым, воздух рассеивает голубой свет от Солнца.

– Но Солнце ведь желтое! Откуда же у него голубой свет?

– Солнце излучает свет разных цветов, но воздух рассеивает голубой. Поэтому небо и кажется голубым. А вечером, когда Солнце заходит, ты через атмосферу видишь космос. И там, в космосе, тоже есть газ, хотя обычно он совсем не такой плотный, как наш воздух. Но иногда этот газ собирается в кучки, его частички оказываются ближе друг к другу, образуют как бы более плотные облака и из-за тяготения, которому подчиняется все в природе, начинают еще сильнее сближаться, чаще сталкиваться друг с другом и разогреваться. Образуется как бы такое газовое ядрышко. Постепенно оно притягивает к себе другие частички, растет, становится все плотнее и горячее, начинает само излучать тепло и свет и в конце концов из него рождается звезда. А иногда какие-то облачка газа не попадают в звезду, но остаются рядом с ней, и из них образуются планеты. Вообще все это – очень сложный процесс и мы еще многое тут не знаем.

– А где у этого Млечного Пути середина? Я ее не вижу. Или она тоже очень далеко?

– Конечно, далеко. Свет от нее идет к нам не годы, а тысячи лет.

– Вот это да! А вообще его можно увидеть?

– Вообще можно. Центр Галактики светит достаточно ярко: около него очень много звезд, их свет складывается и можно увидеть, как они светят все вместе. Но потому что Земля вращается вокруг Солнца, она поворачивается то к центру Галактики, то от него. У нас центр Галактики видно летом – примерно с марта по октябрь.

– А у тех звезд, которые там, в середине, тоже есть планеты?

– У многих, по крайней мере. Точно сложно сказать.

– А кроме нашей Галактики, есть еще такие звездные дома?

– Есть, и очень много. Только они еще гораздо дальше. Просто так увидеть у нас можно только одну. Она называется «Туманность Андромеды», потому что, когда на нее смотришь с Земли, она похожа на пятнышко из светлого тумана. А на другие галактики надо смотреть в телескопы.

– В трубу на палке?

– Телескопы – это на самом деле не «трубы на палке», а очень сложные инструменты. С их помощью можно увидеть даже очень далекие галактики. Так узнали, что галактики тоже разные – одни больше, другие меньше. Одни кажутся красноватыми, в других больше синего цвета, в одних звезды рождаются чаще, в других реже.

– А сколько вообще этих самых – галактик на небе?

- Очень, очень много. Многие тысячи.
- И как они все на одном небе помещаются?
- Космос, Вселенная – она ведь очень большая. И вмещает в себя и разные галактики, и газ, и еще многое другое, о чем люди пока еще, к сожалению, далеко не все знают.
- Ну, как плохо! Никто ничего точно не знает! Ни сколько галактик на небе, ни какие звезды у них в серединах, и что вообще на небе есть! Ну, ничего! Вот я вырасту и все узнаю!
- Ну конечно, узнаешь. Если ужинать хорошо будешь.

Семь звездочек

Вера Львовна Штаерман

ГАИШ МГУ и МОО Астро

Народы разных стран хорошо знают и любят семь ярко сияющих звездочек. Белые люди зовут их Плеядами. Древние греки считали их дочерьми Атланта и Плейоны. Аборигены Австралии говорят, что это семь сестер. Маори же показывают на эти звезды своим детям и объясняют им, что каждая из семи сияющих звездочек — левый глаз одного из семи великих вождей.

Жители островов на Южных морях радостно приветствуют появление Плеяд, в тот день, когда они загораются на западном небосклоне – в первый день нового года. Тогда люди устраивают пиршества с танцами и песнями.

Рассказывают об этих семи звездах одну легенду, и, хотя в ней повествуется о древних богах маори, родилась она не в их стране, а пришла с других островов великого океана Кивы.

В очень давние времена одна из звезд сияла на небе так ярко, что другие звезды не осмеливались даже приблизиться к ней. Они боялись, что их красота померкнет в блестящих лучах соперницы. Словно вторая луна, эта звезда затмевала своим сиянием все остальные звезды. Люди, звери и птицы любили ее и каждую ночь ждали, когда она своим мягким и нежным сиянием осветит землю.

Звезду эту полюбило и крошечное озеро, затерявшееся высоко в горах. Медленно тянулся жаркий день, пока наконец на небе не появилась звезда. Завидев красавицу, озерцо вздрагивало. Всю ночь напролет смотрелась звезда в озеро, словно в зеркальце.

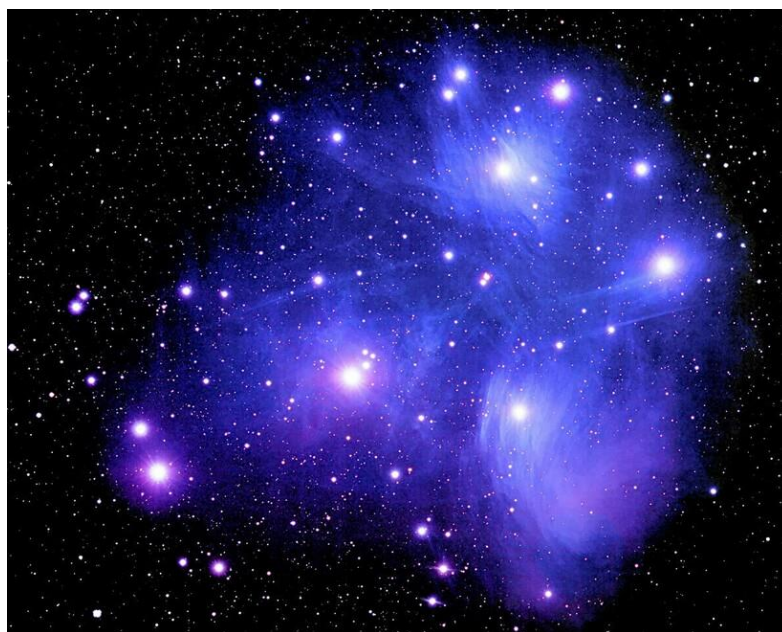
Как-то маленькое озеро дремало в лучах утреннего солнца и вдруг услышало голос Тане. Вы, наверно, помните, что когда-то, давным-давно, Тане принес Светящихся в корзинке и рассыпал их по черной мантии Неба-отца. И вот теперь Тане начал сердиться на эту звезду за то, что она блестела ярче, чем его Светящиеся. В конце концов Тане решил уничтожить красавицу звезду.

Маленькое озерцо подслушало заговор Тане. Всю ночь оно глядело на звезду, страстно желая предупредить ее об опасности. Но вот заалела заря, взошло солнце, и тогда озерцо шепотом открыло свой секрет Небу-отцу. Ранги разгневался. Против Тане он был бессилен, зато он заставил солнце так жарко гореть над озером, что вода в

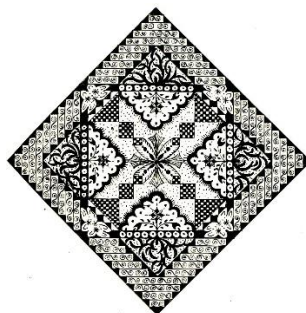
нем начала превращаться в пар и легким облаком подниматься над землей. Ветер подхватил облако себе на спину и понес вверх, к звезде, которая с наступлением ночи снова засияла во всей своей красе. Превратившиеся в туман воды озера обволокли звезду, и сияние ее померкло.

Когда примчались Тане и его приспешники, звезда была уже предупреждена и обратилась в бегство. Она летела через все небеса. Целую ночь гонялся, за ней Тане. Он медленно настигал звезду. Когда Светящиеся начали бледнеть с наступлением утра, звезда в отчаянии понеслась ввысь, чтобы скрыть свое сияние в лучах солнца. Но Тане протянул руку, сорвал одну из Светящихся с покрывала Ранги и швырнул ее в звезду. Раздался грохот, от которого небеса содрогнулись, и красавица звезда разлетелась на мелкие кусочки. Тане сгреб их в пригоршню и швырнул в сторону.

С тех пор маленькие осколки и остались там, куда их закинул Тане. Маори называют их Матарики, что значит «Маленькие глазки», и очень любят эти крошечные звездочки, что вечно мерцают в молчаливых небесах.



От редактора. Взрослые читатели, разумеется, знают, что очень красивое рассеянное звездное скопление Плеяды (русское народное имя – Стожары, М 45) содержит тысячи звезд, но невооруженным глазом большинство людей видят семь звездочек. На хороших фотографиях звезды Плеяд явно погружены в туманность. Обратите внимание, что скопление упоминается в статье А.Г. Пахомова «Мои боевые предки» в этом выпуске альманаха под украинским народным названием «квочка».



Груз Гордака

Мильтон Лессер

В глазах астронавта появилось задумчивое выражение.

Он поднял свой бокал огненного птаха за туриста, который пристал к нему с расспросами в баре Kelly's Marsport, и сказал: «Да, Я знал Гордака. И знаю историю о Снежинке. Прошло много времени...».

«Расскажите, – настаивал турист. История Гордака и Снежинки за 10 лет стала почти легендой. Искажения, домыслы... Она превратилась в своего рода космическую сагу, эдакое предание для туристов, жадных до космической романтики.

Астронавт на какое-то время погрузился в янтарные глубины своего напитка.

«Чтобы понять, – задумчиво проговорил он, – вам нужно было бы знать, каким был Гордак. И знать девушку-альбиноса, Снежинку. Потом был Б'джак из Народа Пауков. Вам надо было бы знать их всех».

«Расскажите мне», – нетерпеливо повторил турист.

Космонавт сделал большой глоток пьянящего птаха.

«Многое изменилось за десять лет», – сказал он. «Десять лет назад любое внеземное существо, не вполне человек, было прекрасной добычей для межпланетных цирков. А самым знаменитым был цирк Гордака. Хотя и сам Гордак был не вполне человеком...».

Гордак протолкался локтем к стойке черного дерева в баре Kelly's Marsport. Астронавты и туристы с готовностью подвинулись, давая ему столько пространства, сколько он хотел. Было что-то жуткое в этом скрюченном маленьком полукровке, что-то отвратительное и ужасное, что заставляло людей избегать его. Карстерс, однако, сам подошел к Гордаку и спросил: «Вы Гордак, не так ли?»

Маленький скрюченный человечек кивнул.

– Я вижу, Вы пунктуальны, мистер Карстерс. Вы сможете поднять космический корабль так же быстро?

– Уверен, что смогу, – ответил Карстерс.

Хоть и безработный, он гордился своей подготовкой астронавта. Карстерс умел управлять кораблем и знал это. То, что он оказался без работы, отнюдь не указывало на отсутствие способностей. 2139 год был неурожайным. Колонисты внешнего мира всерьез взялись за задачу «окультуривания» девственных миров. Как следствие, лунная астрогаторская школа выпустила слишком много первоклассных астрогаторов. Карстерс был в числе.

Ему позарез нужна была работа. А представитель службы грузовых перевозок поместил его имя в самый конец длинного списка соискателей. Вот как случилось, что он обратился к Гордаку.

Он показал Гордаку копию своих документов. Полукровка бегло осмотрел ее и удовлетворенно кивнул.

– Ты подойдешь, Карстерс, с одной оговоркой.

– То есть?

– Ты должен быть астрогатором вместо меня. В остальном ты должен заниматься своими делами.

Его речь была странной смесью грубого акцента марсианина и говора человека, выросшего на Земле. «Я буду хорошо тебе платить: пятьдесят солнечных кредитов в неделю».

Если Карстерс и почувствовал скрытую угрозу в тоне своего работодателя, он ее проигнорировал.

Космический корабль был переоборудованным для использования в цирке старым грузовиком. За плечами у него было тридцать лет службы за поясом астероидов. Карстерс тихо усмехнулся про себя. Что ж, в наши дни работа есть работа. Но он удивился, когда Гордак велел ему немедленно стартовать.

– Мне надо вычислить приблизительную орбиту до нашего пункта назначения, – возразил астрогатор.

– В этом нет необходимости, – заверил его Гордак. – Мы еще не готовы покинуть Марс. Вы немедленно доставите меня к определенному месту около Южного полюса. Координаты я обозначил на карте.

Карстерс пожал плечами и сел в кресло пилота. Люди называли южный полюс Марса Ледяным Мешком, совершенно безжизненным, если не считать фантастических слухов о снежных людях, которые якобы жили где-то глубоко в горных пещерах. Но Гордак был не из тех, кого можно привлечь одними слухами.

Когда Гордак не вернулся через три дня, Карстерс забеспокоился. Он сытно ел, много спал и прочитал несколько книг из библиотеки Гордака, но сочетание бесконечного снежного покрывала снаружи и тепличной атмосферы внутри его нервировало. Что бы ни искал Гордак в призрачно-белой тундре, Карстерс хотел, чтобы маленький хозяин цирка нашел это поскорее.

Утром четвертого дня скука взяла верх. То ли забыв предупреждение Гордака о том, что ему не стоит совать нос не в свое дело, то ли просто поддавшись своему беспокойству, Карстерс покинул каюту пилота и спустился на нижние палубы корабля «Ф.Т. Барнум»*.

*Ф.Т. Барнум – шоумен XIX века, основатель знаменитого цирка. – *Ред.*

На человека-паука он наткнулся неожиданно, открыв какую-то дверь и шагнув в тускло освещенную кабину. Человек-паук цеплялся восемью лапами за тончайший гобелен из бесчисленных серебряных нитей, сплетая из них сказочную картину. Существо повернуло косматую, размером с человеческую, голову, чтобы посмотреть на Карстерса. Глаза существа были лишены век, но странным образом казались почти человеческими.

– Я Б'джак, – слова вылетали из паучьего рта односложными щелкающими фразами.

– Ты... говоришь! – изумился Карстерс.

– Почему бы и нет? – откликнулось существо по имени Б'джак. – На самом деле, мой друг, я в некотором роде лингвист. Мои сети и мое знание языка – это помогает мне быть при деле, иначе странное ремесло Гордака свело бы меня с ума. Конечно, я говорю: я овладел четырнадцатью языками, в основном диалектами внешнего мира, которыми я развлекаюсь.

Б'джак беззвучно спрыгнул со своей паутины на пол. И снова защелкал:

– Поскольку ты полностью человек, ты, очевидно, не новое пополнение груза Гордака. Я полагаю, ты новый астрогатор.

Карстерс ответил утвердительно, но его мысли были безнадежно далеки от его роли здесь, на «Барнуме».

Этот человек-паук обладал интеллектом, равным человеческому. И тем не менее был посажен в клетку, чтобы выступать на представлениях Гордака; он был рабом Гордака; его жизнь была слабым огоньком, который Гордак мог погасить в любой момент без каких-либо последствий для себя.

Паучья голова кивнула в ответ. «Я знаю, что вы думаете, астрогатор. Когда-нибудь, возможно, такого не будет».

Карстерс не слышал, как открылся внешний шлюз, как Гордак, сняв скафандр, протопал по коридору.

– Мистер Карстерс, – холодно проговорил полукровка, – мне казалось, что я сказал Вам, чтобы Вы держались у своих приборов. Не будете ли вы так любезны уйти?

Карстерс вернулся в каюту пилота. Вскоре вошел Гордак. Он не упомянул о недавнем инциденте, а Карстерс не имел ни малейшего желания затрагивать эту тему. Гордак, казалось, был чем-то очень доволен. Он даже улыбнулся своей кислой улыбкой, когда велел Карстерсу вычислить траекторию полета до Земли. – Вы можете связаться по радио с нью-йоркским космопортом, – сказал Гордак, – и взлететь, когда будете готовы.

Вычисление траектории – работа не тяжелая, по большей части механическая, поскольку орбита в любом случае является лишь временной, оставляя достаточно места для того, что астронавты называют «эфирным дрейфом» или для любой случайной встречи с космическим мусором.

Пока одна половина мозга Карстерса вычисляла, другая активно размышляла о странностях его работодателя. Можно ли объяснить очевидную злобность Гордака его внешним видом? Его тело было скрюченным и кривым, лицо ужасным. Толстая и жесткая марсианская кожа большими складками свисала с острых скул под глубоко посаженными глазами. Нос был крив и, казалось, сломан во многих местах, а рот, растянутый в вечной ухмылке, становился еще более отвратительным, когда Гордак пытался улыбнуться.

Возможно, – подумал астрогатор, – Гордак чувствует, что его внешность не вызывает у людей ничего, кроме отвращения, и пытается сохранить свое болезненное самоуважение, утверждая собственное превосходство над представителями другого мира в цирковой труппе? Может быть, Гордак вымещает свою глубоко укоренившуюся злобу на Б'джаке – человеке-пауке и на других исполнителях, находящихся в его власти? Карстерс счел это вполне вероятным, и его попытка

проявлять безразличие к Гордаку начала сменяться ненавистью. Эти мысли проносились у него в голове, пока он вычислял орбиту. Потом он на мгновение забыл о них, нажал на стартер и поднял «Барнум» над южными тундрами.

Через несколько мгновений Марс превратился в большой красный шар в заднем обзорном окне, а еще через несколько мгновений Карстерс перевел корабль в автоматический режим, встал и закурил сигарету.

Гордак вызвал его по внутренней связи.

– Мистер Карстерс, – сказал голос с металлическими нотками. – Мне нужна помощь. Нижние палубы.

Астрогатор знал, что это не входит в его обязанности, но, с другой стороны, экипаж «Барнума» состоял из него самого и Гордака. Раз Гордак звал, приходилось идти. Он затушил сигарету и стал спускаться по трапу в поисках Гордака.

Цирковая сеть – хитроумное сооружение. Что бы Гордак ни искал в тундрах у южного полюса, он это нашел, и теперь оно тщетно билось в сети. Снаружи сеть была похожа на любую другую сеть из прочной проволоки, но внутри была липкой, как паутина. Чем упорнее пойманное существо старалось выпутаться, тем сильнее запутывалось.

– Когда я открою сеть, – тяжело дыша, сказал Гордак, – Вы схватите существо, если оно попытается убежать.

Карстерс кивнул. Гордак расстегнул молнию на передней части сети, и Карстерс заглянул внутрь. Сначала не было видно ничего, кроме сверкающей белизны, но, когда Гордак расширил отверстие, Карстейрс увидел руку, изящную ослепительно белую руку, с которой могли сравниться разве только девственные марсианские снега.

– Я назову ее Снежинкой, – буднично объявил Гордак, как человек, дающий кличку домашнему животному. Девушка, освободившись из своей тюрьмы, села медленно, подобно человеку, вдруг попавшему в непривычную обстановку и не понимающему, в чем дело. Карстерс ахнул. Если он раньше и видел такую красивую девушку, то лишь в каком-нибудь чудном сне. Ему пришлось неохотно признать, что «Снежинка» – подходящее имя.

Белизна девушки была белизной алебаstra, той безупречной белизной, которой хочет, но не может достичь жемчужина. Даже ее локоны, каскадом ниспадавшие почти до талии, казались невероятным переливом сверкающего серебра.

Карстерс покраснел. Девушка стояла, полностью обнаженная. Он поспешно накинул ей на плечи свою длинную куртку космонавта. Куртка достала до середины ее белых ног, и девушка вопросительно посмотрела на Карстерса, как бы говоря: «Ну, и зачем ты это сделал?»

Он ободряюще улыбнулся ей. Она улыбнулась в ответ, а затем сказала серебряным голосом: «Кей еси кор?» «Дорогая, – ответил Карстерс, – я не понимаю, что ты говоришь, но ты не волнуйся. И ни о чем не беспокойся».

– Перестаньте, – проворчал Гордак. Он схватил Снежинку за руку и потащил к каморкам Б'Джака и других пленников.

– Она – существо из внешнего мира, мистер Карстерс. Она может показаться вам человеком, но именно это обеспечит ее привлекательность для наших зрителей. На самом деле ее вряд ли можно назвать человеком.

Карстерс сердито фыркнул.

– Она человек! – твердо заявил он.

Гордак долго смотрел на невероятную белизну своей пленницы.

– Возможно, – хрипло пробормотал он, – возможно, она почти женщина. Да... – И Карстерс увидел, как что-то, давно отжившее, заблестело в глазах Гордака.

Шли дни. Карстерс почти не видел Снежинки. Она жила в своей маленькой каморке где-то на нижних палубах, вместе с Б'Джаком и прочими членами труппы Гордака. Что касается Гордака, он казался странно рассеянным, как лунатик, ненадолго просыпающийся, чтобы отдать пару распоряжений и опять погрузиться в сон.

Однажды Карстерс увидел их вдвоем. Гордак привел девушку на верхнюю палубу за костюмом, соответствующим ее необычайной красоте. Полукровка казался очень довольным собой, но Карстерс заметил новое выражение на невинном лице Белоснежки. Ее взгляд одновременно вопрошал и умолял. И еще в нем был страх. Карстерс попытался поймать ее взгляд, и когда ему показалось, что это ему удалось, он коротко улыбнулся, но если Белоснежка и увидела его улыбку, то проигнорировала ее. И он, за неимением лучшего занятия, отключил автоматику корабля и некоторое время пилотировал сам.

Однажды утром, когда они пролетели уже около половины расстояния между Марсом и Землей, Гордак казалось, странно встревожился.

– Впредь, мистер Карстерс, я хочу, чтобы вы сопровождали меня всякий раз, когда моя работа будет требовать присутствия на нижних палубах, – сказал он астрогатору. – И возьмите это, – добавил он, передавая Карстерсу протонный пистолет. Курносый пистолет с протонной решеткой был смертелен на небольшом расстоянии. Карстерс знал, что в случае необходимости сможет справиться с оружием. Но зачем он вдруг понадобился Гордаку в таком качестве? Его садистское обращение с труппой, как свидетельствует Б'Джак, не привело ни к чему, кроме лютой ненависти. Может быть, Гордак почувствовал опасность? Нижняя палуба... Карстерс нахмурился.

В тот же день он спустился по трапу вместе с Гордаком. Он никогда не видел созданий из труппы Гордака во время их отдыха, но для него было очевидно, что они не могли бесконечно оставаться в своих крошечных каморках. То, что раньше было главным трюмом корабля, было превращено в некое подобие бара. Туда они и направились.

Карстерс никогда не видел ничего подобного тому, что предстало его глазам. Если бы джинн повел его на экскурсию по волшебной стране, где могли бы играть эльфы, гномы, великаны и другие безымянные существа, он, возможно, увидел нечто в таком роде. Станные существа с дюжины далеких миров собирались небольшими группами и разговаривали. Сначала Карстерсу показалось невероятным, что они могут разговаривать между собой, но затем он заметил темную фигуру Б'джака, снующего от

группы к группе и быстро щелкающего своим странным голосом. Человек-паук был переводчиком для всех этих существ!

Карстерс охватил все это одним быстрым взглядом. Если бы в этот момент не увидел Снежинку, он заметил бы больше. Он бы заметил, что, когда Гордак вошел в гостиную, тон множества голосов изменился. Слов, конечно, он не мог понять: обитатели грузовика Гордака не говорили на «лингва франка». Но тон изменился: вместо того, что раньше было просто разговором, теперь звучало негодование, выражавшее ненависть на десятках разных языков.

Щелканье Б'джака стало резче, злее. Затем все голоса смолкли. Но Карстерс ничего этого не заметил: он смотрел на Снежинку. Если в тот первый день на борту циркового корабля девушка показалась ему прекрасной в своей невинности дикарки, то теперь, когда страх спрятал невинность, Снежинка стала как будто еще прекрасней.

На этот раз он был уверен, что поймал ее взгляд, и когда он снова ей улыбнулся, она заколебалась, как будто на мгновение ее сердце замерло в нерешительности. Карстерс понял, что, возможно, он ассоциировался у нее с Гордаком. Но затем она сама слабо улыбнулась, и когда он приблизился к ней, страх исчез с ее лица. «Держите оружие наготове, мистер Карстерс», – рявкнул Гордак, заставляя своих «актеров», одного за другим выполнять трюки. «Отойдите к стене, пожалуйста, и будьте настороже». Карстерс беспомощно пожал плечами, и сделав, как ему было велено, снова остро ощутил страх на лице Белоснежки.

Он отвел взгляд от девушки и стал наблюдать. Эластичный уроженец спутника Юпитера Каллисто кружил по гостиной, совершая невероятные движения. Карстерс знал, что его конечности и торс соединены скорее как у змеи, чем у человека, но все равно был очарован.

Спотыкание, неверный шаг, малейший признак того, что Гордаку казалось излишней неуклюжестью, – и маленький полукровка щелкал хлыстом, хлестал тонкой плетью по обнаженным плечам каллистийца. То, что это было больно, было очевидно по тому, как существо вздрагивало и спотыкалось все сильнее, но, казалось, «актеры» Гордака привыкли к такому обращению. Гордак в этот момент не испытывал страха. Он полностью забыл о Карстерсе. Его лицо исказилось в ухмылке, которая сходилась за улыбку и в которой, Карстерс был уверен, не было ничего веселого.

Полдюжины разных существ работали, подгоняемые хлыстом Гордака. Затем вперед выступил гигант, по форме похожий на человека, но восьми футов ростом и сложенный как Геркулес, с грифельно-серой кожей и единственным большим зеленым глазом, сурово смотревшим на Гордака из центра огромного лба. Карстерс слышал об этом существе, слышал о невероятной силе Полифема, циклопа Гордака с Тритона, спутника Нептуна. И теперь наблюдал, как огромное существо демонстрирует свою невероятную силу, сгибая металлические прутья, поднимая огромные гири...

Несмотря на всю его силу, в Полифеме было что-то мягкое, и Карстерс видел его полное безразличие к хлысту Гордака, который хозяин цирка пускал в ход, когда ему что-то не нравилось, хотя что именно – Карстерсу было непонятно. Карстерс отвернулся, чувствуя отвращение. Эти существа были почти людьми — несомненно, с таким же количеством человеческих черт, как и у самого Гордака, и все же он обращался с ними как с тупым зверьем. Что ж, Карстерс мог понять их ненависть, но

он не мог не восхититься стоическим безразличием, проявляемым исполнителями. Он восхищался ими и в то же время жалел их.

Затем настала очередь Снежинки. Сердитое жужжание вырвалось из десятков инопланетных глоток. Их безразличие сменилось враждебностью. Карстерс почувствовал это, и Гордак тоже.

– Держите оружие наготове! – приказал он.

Карстерс потрогал пистолет, а затем убрал его в карман. Б'Джак подполз к нему и сказал: «Приветствую, астрогатор. Я вижу, ты наблюдаешь за нашими занятиями». Карстерс улыбнулся. Ему нравился человек-паук. «Это приказ», – объяснил он. «Ваше оружие...» – начал Б'Джак, но недоговорил, видя, что Карстерс больше не слушает: Белоснежка начала свой танец.

Гордак облачил ее в полупрозрачное платье бледно-голубого цвета, похожее на пленку прозрачной морской воды на поверхности Луны. Ее ноги изгибались и вспыхивали под ним. Белоснежка не знала, что ее танец запечатлел в себе всю чувственную грацию ее пола, что ее гибкие движения струились, подобно потоку расплавленного серебра, на которое были похожи ее волосы. Но Карстерс понял это; он это знал. Девушка-альбинос Гордака танцевала с присущей ей женственностью, по сравнению с которой все остальные женщины казались застывшими, как автоматы.

Девушка-альбинос Гордака! Ему не понравилось, как это звучало бы. По каюте снова и снова кружился снег. Белоснежка заблудилась в лабиринте своих движений: ничто другое больше не имело значения...

На какое-то время Гордак тоже, казалось, потерялся в красоте того, что видел. Но было что-то отталкивающее в его глазах, когда они следили за плавными пируэтами Белоснежки. Уродство его фигуры, демоническое выражение лица – это было не так важно: глаза были ямами адского желания, устремленными на Белоснежку! Через некоторое время девушка увидела лицо Гордака. Она задрожала, забыла о своем танце. Она на мгновение споткнулась и захныкала, ничего не понимая, но испугавшись. Гордак с усилием тряхнул головой, чтобы прийти в себя. Он взмахнул плетью, проводя ею по белому плечу девушки. Десятки глоток застонали, пробормотали что-то, пригрозили на десятках языков. Белоснежка вздрогнула и снова споткнулась. Сверкнул кнут. Полифем, циклоп с Тритона, встал. Его огромная бочкообразная грудь вздымалась. Он сделал один гигантский шаг вперед, потом другой.

Б'Джак предостерегающе щелкнул ему на каком-то неизвестном языке. Гигантские кулаки Полифема сжались и разжались. Огромная слеза навернулась на его циклопический глаз, скатилась по кончику носа и упала на тунику. Великан плакал! Выругавшись, Гордак повернулся к гиганту. Он долго-долго смотрел в огромный глаз, затем пожал плечами.

– На данный момент достаточно, – сказал он Карстерсу, посмеиваясь. – Вам нравится мое шоу? На Земле это понравится. И как же они будут обожать мою Снежинку!

Карстерс молча смотрел, как маленькая фигурка Гордака поднимается по трапу. Тот обернулся и взглянул на Снежинку, которая, опустив голову, прислонилась к стене. На мгновение в его глазах снова появилось выражение омерзительной

решимости. Затем он повернулся и зашагал вверх по трапу. Карстерс нащупал в кармане пистолет, достал его и прицелился в Гордака. Выругавшись, он швырнул пистолет на пол. Мгновение спустя он почувствовал давление на бедро, посмотрел вниз и увидел, что человек-паук Б'Джак тянет его за штанину.

– Она здесь меньше недели, и они все уже любят ее.

– Что вы имеете в виду?

– Я никогда не видел ничего подобного. В этом зале нет ни одного существа, которое не умерло бы за Снежинку. Она такая добрая, такая божественно простая, такая понимающая. Она сочувствует нам всем. Каждый раз, когда Гордак использует свой кнут, это – как если бы он бил ее. Она плачет. Это работает в обоих направлениях, астрогатор. Ты видел Полифема?

– Я видел, – сказал Карстерс. – Он убил бы Гордака –

– Я знаю. Я остановил его. Я не могу останавливать его бесконечно. Вот почему Гордак попросил тебя присоединиться к нему. Если... – Над головой замигал огонек. Раздался голос Гордака.

– Мистер Карстерс, я же сказал, что Вы должны заниматься своими делами. Поднимитесь, пожалуйста, на верхнюю палубу.

Когда Карстерс повернулся, чтобы уйти, Белоснежка столкнулась с ним лицом к лицу. Она встала на цыпочки и заглянула ему в глаза, как будто так она могла понять его лучше, чем если бы знала его всю свою жизнь. Долгое время она стояла, положив мягкую и теплую руку на плечо Карстерса. Затем отступила, улыбаясь ему. «Клар эсни о нан», – зазвенел ее голос. «Что она говорит?» – спросил Карстерс. – Она говорит: «Этот не такой», – ответил Б'Джак.

В течение трех дней Гордак не говорил Карстерсу ничего, кроме того, что было абсолютно необходимо. Каждый жил в мире своих мыслей, за исключением тех случаев, когда у Гордака возникало желание спуститься на нижние палубы. Тогда он приказывал астрогатору сопровождать его.

«Барнум» находился в свободном полете, и Карстерс знал, что через несколько часов ему придется начать торможение. Однобокая гантель системы Земля–Луна уже занимала все большую территорию в обзорном окне и все время увеличивалась. Здесь, в космосе, где не было атмосферы, которая могла бы исказить цвет Луны, она казалась серебристо-белой, как нежная снежная корка.

Гордак вошел в кабину пилота. По тому, как он, шатаясь, прислонился в узком проходе то к одной стене, потом к другой, Карстерс понял, что он сильно выпил. Это странным образом напомнило ему те дни, когда космические корабли плавали в космосе без компенсатора силы тяжести. Узловатая рука полукровки тяжело легла ему на плечо.

– Мистер Карстерс, – сказал он, – я иду на нижнюю палубу. Карстерс встал, готовясь перевести корабль в автоматический режим. Гордак покачал головой. – В этом нет необходимости. Просто отдайте мне пистолет.

Пилот посмотрел на него. Черт возьми, подумал он. Неизвестно, что он может там натворить. Но Гордак был его работодателем. Кроме того, это было оружие Гордака, а не его. А рабочих мест было мало. Он вспомнил неделю на Марсе, когда он ел недостаточно, чтобы не продрогнуть от холода пустыни. Он отдал пистолет

Гордаку. Маленький человечек повернулся на своих скрюченных ногах и зашагал по коридору. Какое-то время Карстерс слышал, как тот спускается по трапу, как его шаги затихают. Затем все стило. Он не знал, как долго он сидел там, ожидая. Но вскоре до его ушей донесся тихий скулящий звук. Он вскочил со стула. Что это, голос Снежинки? Тишина. Снова послышалось всхлипывание. Господи, он стал нервным. Он не должен позволять своему воображению разыграться. Карстерс услышал сердитый скрежет металла о металл, затем громкий хлопок. Гордак запер дверь на нижнюю палубу. По трапу тяжело протопали шаги хозяина цирка. Чтобы попасть в свою каюту, ему надо было пройти через кабину пилота. Напряженно – сам не зная, почему – Карстерс ждал.

Гордак появился в дверях, таща Снежинку за тонкую белую руку. Карстерс шагнул вперед, бормоча что-то себе под нос. Он протянул руку.

– Остановитесь, мистер Карстерс. Я предупреждаю вас, остановитесь. Гордак уверенно направил на него пистолет.

– Теперь отойдите назад. Сядьте на свое место, пожалуйста. – Оцепенев, Карстерс отступил и тяжело опустился на стул. Снежинка снова молча посмотрела на него. На этот раз ей не понравилось то, что она увидела, потому что она повернула голову и тихо заплакала.

– Снежинка... – начал Карстерс, но Гордак махнул ему пистолетом, призывая к молчанию. Ведя девушку за собой, он прошел через пилотскую кабину в свои покои, закрыл за собой дверь и запер ее на засов.

Карстерс сидел молча. Гордак не посмеет... – Он услышал сердитый стук с нижних палуб, звон металла, резко ударяющегося о металл. Затем глухой удар. Тяжелая поступь шагов вверх по трапу.

Огромная туша Полифема вошла в пилотскую кабину. За ним полз Б'Джак. Огромный единственный глаз гиганта на мгновение уставился на Карстерса, затем что-то лязгнуло. Полифем прошел через рубку управления. Карстейрс услышал громкий треск, повторяющийся несколько раз, словно удары каких-то могучих кувалд. Он мог представить, как огромный кулак ударяет в дверь Гордака. Грохота больше не было.

Он услышал ругательство Гордака, потом выстрел из пистолета и крик Белоснежки. Он резко выпрямился и побежал к проходу в помещение Гордака. Могучая рука оттолкнула его в сторону. Он тяжело привалился спиной к стене. Полифем нырнул обратно в пилотскую кабину, зажав Гордака под мышкой. Другая рука, та, что отшвырнула Карстерса, безвольно повисла в том месте, где ее разорвал выстрел Гордака. Спустившись по трапу, гигант исчез.

– Мистер Карстерс! – закричал Гордак. – Помогите мне. Еще один пистолет в ящике. – Карстерс ворвался в помещение Гордака. Он не мог позволить тритонцу так поступить с человеком, даже если это был Гордак. Не мог.

Он открыл ящик в каюте Гордака и нашел пистолет. Б'Джак коснулся его ноги. – Почему бы и нет, астрогатор?

Карстерс, оттолкнув Б'Джака, повернулся, чтобы спуститься по трапу. И увидел Снежинку, сидящую на стуле и наблюдающую за ним, в каждом глазу по слезе, на щеке багровый рубец. Ее глаза безмолвно умоляли. Она смотрела на него своим

сверхъестественным взглядом и, казалось, читала его мысли. Затем она расслабилась. Он медленно опустил пистолет. Он смутно слышал крики откуда-то с нижних палуб. Он стоял неподвижно, едва дыша. И снова вспомнил слова Б'Джака: «Почему бы и нет, астрогатор?»

Позже, гораздо позже, он выбросил тело Гордака за борт в космосе, наблюдал, как оно невероятно быстро раздувается и плывет к Луне. Такие космические происшествия достойны сожаления.

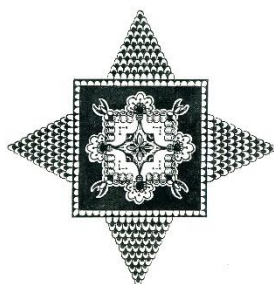
– Что ж, – сказал турист после долгого молчания, – так вот что произошло на самом деле. Вот такая история о Гордаке и Снежинке.

– Вот и вся история, – кивнул астронавт, допивая птах. Он встал, чтобы уйти.

– Но подождите, – настаивал турист. – Что случилось со Снежинкой?

К столику подошла женщина. Она взяла руку астронавта в свои и нежно улыбнулась ему из-под массы своих волнистых серебристых волос.

– Она вышла замуж, – сказал Карстерс, целуя жену в лоб.



Борис Михайлович Шустов

Член-корреспондент РАН, научный руководитель Института астрономии РАН



Крыша едет

Солнышко к весне всё выше.
На него любуюсь я,
Уезжает моя крыша
в непонятные края.

Вроде бы почти что прадед,
седина белей белил,
и чего, скажите, ради
свою крышу отпустил.

Есть в ней хулиганства примесь,
но не то чтоб «ё-моё».
Вы не бойтесь, улыбнитесь,
если встретите её.

Рядом с вами я дурачусь
и смущаю вас порой.
Это радость в сердце скачет
словно козлик озорной.

Знаю, что наступит осень
и своё возьмут года...
Крыша всё-таки вернётся

Существуют на свете СМИ.

СМИ зазывно тебя помянут –
Просвети нас о том, о сём...

А наутро страна узнает,

Как ты мамой поклялся в том,

 Что Земля полюса меняет,

 Значит, Солнце нас всех сожжёт,

 Что по Марсу себе гуляет

 Здоровенный чеширский кот,

 Что Апофис ужасно близко,

 И пошёл уж обратный счёт...

 А в «Союзе» проделал дырку

 Рыжий Трамп, ну а кто ж ещё?

 А в «Союзе» проделал дырку

 Рыжий Трамп, ну а кто ж ещё?

Возмутившись, напрасно будешь

Ты сражаться за честь свою,

Ведь кинжалом не перерубит

Ни один богатырь соплю.

Не горюй! Нелегко, конечно,

Просветителя крест нести.

И готовься! Тебя, сердечный,

Завтра снова помянут в СМИ.

 И готовься! Тебя, конечно,

 Завтра снова заманят в СМИ.

*(Зимняя астрономическая школа –ЗАШ,
Коуровка, январь 2019 г.)*

Марш школьников ЗАШ

(на мелодию марша «Прощание славянки»)

Облака над тайгою с прорехами,

В них Коуровки смотрит звезда.

Вновь студенты сюда понаехали,

Понаехали профессора.

Все мы – школьники в мире волнующем.

Жизнь научит любого из нас –

Помня прошлое, думай о будущем,

Ну а радуйся здесь и сейчас!

Считай! Наблюдай!
На ЗАШ выступай!
Будь смел и умён,
Ведь ты – российский астроном!

Мы заглянем в звезду нейтронную,
Наведём телескоп на Плутон,
Осветлим мы энергию тёмную,
Золотой астероид найдём.
Пусть готовятся Кавли и Нобели –
Принимать мы награды не прочь.
Мы продвинем науку на родине
И неродине можем помочь.

Считай! Наблюдай!
На ЗАШ выступай!
Будь смел и умён,
Ведь ты – российский астроном!

Мы шагаем по жизни уверенно.
Знаем, любит удача таких.
Мы изучим почти всю Вселенную,
Но оставим чуть-чуть для других.
Доктора, кандидаты, членкоры-ли –
Все мечтают приехать сюда.
Вновь студентом побыть – это здорово.
Продолжается жизни игра.

Считай! Наблюдай!
На ЗАШ выступай!
Будь смел и умён,
Ведь ты – российский астроном!

И пусть летят года, но школа всегда молода.
Так пусть же снова

на нашу школу
зовет Коуровки звезда!

(ЗАШ, Коуровка, январь 2018, 2023)

Песня аспиранта (Big Data)

(можно исполнять на мелодию «Крутится, вертится шар голубой»)

Был жизнерадостный я карапуз.
Кончил успешно детсад, школу, ВУЗ,

Жил и не очень мозги напрягал,
Но астрономом однажды я стал.

Девушкам звёзды красиво дарить
Сладко мечтал я, но вот ведь едрить –
Лишь наблюдений коснулся чуток,
Как захлестнул меня данных поток.

ALMA, РАТАН, VLT, БТА...
Данные хлещут ну как из ведра.
В дисер никак им, конечно, не влезть,
Шеф же твердит – я всё должен учесть.

Раньше, слепив каталог на сто строк,
Средь звездочётов я был бы как бог.
Слыл бы Messier, знатоком всех небес,
Если б не этот научный прогресс.

Данные прут с телескопов земных.
Мне бы успеть просто глянуть на них.
Тужусь, стараюсь, но вот тебе на –
С Хаббла нахлынула данных волна.

Вынырнул я, но опять же сюрприз –
Gaia добавила новый релиз.
Я утомился, охрип и осип.
Где ж ты, Big Data? Пойми и спаси!
(можно и так: Где же ты, Дана*? Пойми и спаси!)

* Дана Александровна Ковалева – зам. директора ИНАСАН – *Ред.*

Грустно гляжу я в межзвёздную мглу,
Шлю эту Гайю подальше к Хабблу.
Жизнь уж не радость, а просто облом.
Дисер, похоже, накрылся Хабблом.

Правда, слегка утешает меня,
Что и потомков ждёт та же фигня.
И будет клясть молодой астроном
Спектры РГ, УФ* и Миллиметров!

* Здесь УФ читается не как У-ЭФ, а просто уф – *Прим. автора.*

(К практикуму Д.А. Ковалевой на ЗАШ–2019 г.)

проходу не было б совсем.

И если б мог я знать заранее,
кому, почему, когда и где,
то был бы при тугом кармане
и разъезжал бы на «Форде».



А если б в РАН мне чутко вняли,
я б рассказал ошибки без,
зачем по бешеной спирали
летим в созвездье Геркулес.

Шучу, конечно. Я в шипучем
вине давно нашел ответ:
что толку причитать о лучшем –
другого не было и нет.
Бокал в руке, и пусть из судеб
уходит этот поворот.
Не знаю, что там дальше будет,
но здравствуй, что-то –
Новый Год! ☺



(ИНАСАН, Москва, 2013 и далее....)

