

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



СЕРИЯ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»

Основана в 1959 г.

РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ

«НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»

И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ

ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР

ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ

ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*А. Т. Григорьян, В. И. Кузнецов, Б. В. Левшин,
С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин,
З. К. Соколовская (ученый секретарь),
В. Н. Сокольский, Ю. И. Соловьев,
А. С. Федоров (зам. председателя),
А. И. Федосеев (зам. председателя),
А. П. Юшкевич, А. Л. Яншин (председатель),
М. Г. Ярошевский*

К. К. Лавринович

**Фридрих Вильгельм
БЕССЕЛЬ**

1784—1846

**Ответственный редактор
доктор физико-математических наук
А. А. ГУРШТЕЙН**



**МОСКВА
«НАУКА»**

1989

ББК 22.6г
Л13
УДК 52(092)

Рецензенты:

член-корреспондент АН СССР В. К. АБАЛАКИН,
кандидат физико-математических наук А. П. ГУЛЯЕВ

Лавринович К. К.

Л13 Фридрих Вильгельм Бессель. 1784—1846. — М.:
Наука, 1989. — 320 с., ил. — (Научно-биографиче-
ская литература)
ISBN 5-02-005884-X

Эта книга — первая научная биография выдающегося немецкого астронома, геодезиста и математика Фридриха Вильгельма Бесселя — основателя и первого директора обсерватории Кенигсбергского университета. Исключительное значение в развитии астрономии имела проведенная Бесселем реформа астрономических измерений, заложившая фундамент новой высокоточной астрономии XIX—XX вв. Большой интерес представляет описание становления личности Бесселя-ученого, его отношений с выдающимися современниками, связей с наукой России.

Для всех, кто интересуется историей науки.

Л $\frac{1401020000-202}{054(02)-89}$ 34-89 НП

ББК 22.6г

ISBN 5-02-005884-X © Издательство «Наука», 1989

Введение

Первые десятилетия XIX в. отмечены в истории астрономии глубокой реформой теории и практики астрономических наблюдений, в ходе которой практическая астрономия обрела собственную стройную систему, поднялась до недостижимых прежде стандартов точности. Был заложен фундамент точнейшей науки — новой астрометрии XIX—XX вв., без которой невозможно представить ныне ни современных достижений астрофизики и звездной астрономии, ни успехов космонавтики.

Этот краткий в масштабах многовековой истории астрономии отрезок времени вместил большую человеческую жизнь — жизнь замечательного немецкого астронома, геодезиста и математика Фридриха Вильгельма Бесселя, в лице которого практическая астрономия нашла на переломном этапе своего развития мудрого и дальновидного преобразователя. Своей счастливой научной судьбой Бессель не в последнюю очередь обязан тому обстоятельству, что он пришел в астрономию именно тогда, когда для решения ее насущных задач требовалась фигура столь грандиозной творческой мощи.

Можно выделить два важнейших фактора, под действием которых формировались задачи астрономии XVIII в., т. е. в период, непосредственно предшествовавший началу научной деятельности Бесселя. Первый связан с фундаментальными проблемами естествознания, поставленными учением Исаака Ньютона, второй — с потребностями практики.

В «Математических началах натуральной философии» (1687 г.) Ньютон впервые указал на силу тяготения как на общую причину внешне разнородных явлений: орбитального движения планет и комет, возмущений планетных орбит, неравенств в движении Луны, морских приливов. Кинематические законы планетных движений И. Кеплера оказались простым следствием закона тяготения.

Велика была притягательная сила Ньютонова учения, однако признание его, особенно на континенте, пришло отнюдь не сразу. И причина этого коренилась не только в консерватизме оппонентов Ньютона: новой теории тяготения, как и всякому живому учению, были присущи нерешенные вопросы и даже казавшиеся неразрешимыми противоречия. Какова природа тяготения? Каким образом оно передается через пустоту? Если небесные тела движутся под действием взаимного притяжения и инерции, то какая причина побудила их начать эти движения? Почему совпадают инертная и тяготеющая массы? Эти и некоторые другие вопросы оставались у Ньютона без ответа, что давало основания противникам его учения сомневаться в справедливости самого закона тяготения.

Истинность и универсальность Ньютонова закона могла подтвердить или опровергнуть только сама природа, и получить ее ответ можно было лишь посредством высокоточных астрономических наблюдений. Таким образом, перед астрономией XVIII в. стояла достойная самых высоких усилий задача: предвычислить на основе закона тяготения движения небесных тел, проверить его справедливость и универсальность сравнением с результатами прямых наблюдений. Две стороны этой задачи — вычислительная и наблюдательная — стали мощным стимулом развития как математики и небесной механики, так и практической астрономии.

Второй фактор, определявший развитие астрономии XVIII в., был обусловлен общественными процессами. Выдвижение на политическую арену Европы молодого класса буржуазии в качестве ведущей общественной силы сопровождалось широким развитием промышленности и торговли, освоением новых территорий, дальними морскими и сухопутными путешествиями — все это стимулировало развитие естественных наук. Важные задачи стояли, в частности, перед астрономией: определение истинной фигуры Земли для целей точного картографирования, измерение точного времени, разработка приемлемых способов определения географических координат — прежде всего долготы — как на суше, так и на море с борта качающегося судна и т. п. К началу XVIII в. астрономия уже имела известный опыт решения подобных задач, однако жизнь выдвигала все более жесткие требования к точности астрономических данных.

При всем многообразии теоретических и прикладных задач астрономической науки того времени пути их решения в конечном счете вели к наблюдениям неба, к определению точных положений звезд, иными словами — к созданию в форме звездных каталогов надежной координатной системы, без которой немислимо было строгое решение ни проблем теории, ни задач практики.

Качество каталога зависит как от точности самих наблюдений и их обработки, так и от уровня знания теории природных явлений, искажающих положения светил или смещающих координатную систему, к которой эти положения относятся. Некоторые из этих явлений — прецессия и рефракция — были знакомы еще астрономам античной древности, другие — аберрацию и нутацию — смогла выявить лишь наука XVIII в. Явление же годичного параллакса, теоретически известное еще со времен Коперника, было обнаружено на практике лишь в первой половине XIX в.

Несмотря на очевидные успехи практической астрономии в XVIII в., обусловленные прогрессом астрономической измерительной техники и углубленным исследованием влияния на наблюдения внешних факторов, астрономическая теория, а именно небесная механика, намного опередила астрономическую практику. Основанная на учении Ньютона и опирающаяся на всю мощь дифференциального и интегрального исчисления, небесная механика предъявляла такие требования к точности наблюдений, которым практическая астрономия того времени удовлетворить не могла. Блестящие успехи выдающихся теоретиков Л. Эйлера, А. Клеро, Ж. Даламбера, Ж. Лагранжа, П. Лапласа дали историкам астрономии основание назвать XVIII век «веком небесной механики». Говоря словами Бесселя, «с Ньютоном теория сделала громадные успехи и стала впереди наблюдения; теперь наблюдение прилагает все усилия, чтобы стать на один уровень с теорией» [169, с. 212]. И именно Бесселю предстояло устранить сложившуюся в астрономии к XIX в. диспропорцию между теорией и практикой.

Бессель проложил новые пути к радикальному повышению точности астрономического наблюдения. От него ведут свое начало прочно вошедшие в практику принципы организации наблюдений, способы учета инструментальных и личных ошибок измерений, теория

и формулы астрономических редукций, математические приемы обработки наблюдений. Его обсерватория обогатила науку высокоточными звездными каталогами, новыми значениями фундаментальных постоянных астрономии, решением задачи о годичном параллаксе звезд и рядом других перворазрядных научных результатов. В трудах Бесселя получил глубокое развитие математический аппарат астрономии и геодезии. Вершиной его достижений в геодезической науке стало определение самых точных для своего времени элементов фигуры Земли. Универсальный гений Бесселя оставил след в большинстве разделов астрономии XIX в., а также в гравиметрии, физике, метрологии и других точных науках.

Бессель был исключительно одаренной творческой личностью, в которой счастливо сочетались качества глубокого теоретика и гениального практика, но его научная индивидуальность определялась не одним лишь талантом: Бессель-ученый был великим тружеником. Его самые замечательные научные достижения не были результатом ни мгновенного озарения, ни случайной находки — он шел к ним дорогой долгого и утомительного, нередко однообразного и рутинного труда, не рассчитывая на скороспелый успех или эффектное открытие.

Деятельность Бесселя определила пути развития точной позиционной астрономии XIX—начала XX в. После него работать как раньше было уже нельзя. Бесселевы принципы были положены в основу работ знаменитой Пулковской обсерватории в России, ставшей в прошлом столетии признанным мировым центром астрономии.

В предлагаемой вниманию читателя книге предпринята попытка воссоздать образ Бесселя-ученого и Бесселя-человека в тесной связи с задачами науки и событиями истории первых десятилетий XIX в., выявить масштабы и глубину проведенной им реформы практической астрономии. Многосторонняя научная деятельность Бесселя неотделима от его творческого содружества со многими выдающимися современниками. Великий ученый имел глубокие и разносторонние связи с российской наукой, а со своим знаменитым коллегой, основателем Пулковской обсерватории Василием Яковлевичем Струве, он был дружен лично — и об этом тоже рассказывается в книге.

Библиографические ссылки в тексте даются в квадратных скобках с указанием номера произведения (и если требуется — страницы) по прилагаемой в конце библиографии. Ссылки на трехтомник произведений Бесселя, изданный Р. Энгельманом в 1875—1876 гг., помечены буквой А и номером тома.

Автор пользуется приятной возможностью выразить благодарность доктору физико-математических наук А. А. Гурштейну, поддержавшему идею написания книги и взявшему на себя труд по ее редактированию; М. С. Чубею, в беседах с которым в Пулкове обсуждались некоторые затронутые в книге астрометрические вопросы; О. Ф. Крупиной — заведующей музеем И. Канта при Калининградском государственном университете, предоставившей полезные для работы сведения исторического характера; И. Д. Копцеву, В. Н. Ихсановой и П. И. Шикуну, сделавшим переводы ряда материалов с немецкого языка; Н. А. Егоровой, оказавшей большую помощь в подготовке рукописи, а также сотрудникам библиотеки Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга при МГУ, Государственной публичной библиотеки им. М. Е. Салтыкова-Щедрина в Ленинграде, Государственной библиотеки СССР им. В. И. Ленина, библиотек Пулковской обсерватории и обсерватории Ленинградского университета, библиотек Вильнюсского и Калининградского университетов, равно как и сотрудникам Ленинградского отделения Архива АН СССР, где автор неизменно встречал доброжелательное участие и профессиональную библиографическую помощь.

Полезные материалы и редкие фотографии прислал доктор Д. Гоффман, сотрудник Института теории, истории и организации науки АН ГДР; результаты исследований о библиотеке Ф. В. Бесселя были любезно предоставлены доктором Д. Херрманом, директором Обсерватории им. Архенхольда в Берлине, за что автор выражает им глубокую признательность.

Автор благодарен рецензентам рукописи — доктору физико-математических наук В. К. Абалакину и кандидату физико-математических наук А. П. Гуляеву, чьи критические замечания и советы помогли улучшить качество книги.

Глава 1

Выбор

Детские годы

Фридрих Вильгельм Бессель родился 22 июля 1784 г.¹ в небольшом городке Минден провинции Вестфалия на северо-западе Германии. Тихий, сохранивший средневековые черты городок теснился на левом берегу Везера — судоходной реки, по которой местные купцы издавна доставляли свои товары в крупный торговый порт Бремен. Над черепичными крышами старого Миндена возвышались силуэты готического собора, построенного еще в XIII в., и четырехугольной колокольни церкви св. Мартина. Интерьер церкви украшало изображение этого святого кисти самого Лукаса Кранаха. Старинные надгробия у стен церкви св. Мартина хранили память о многих почтенных гражданах Миндена; на каменных плитах можно было прочесть и имена предков Ф. В. Бесселя.

Бессель происходил из старинного, но не отличавшегося социальной однородностью рода. Древнейшие из известных предков астронома жили в Лифляндии в XV в., представители более поздних поколений как с отцовской, так и с материнской стороны происходили из провинций Северо-Западной Германии. Среди них были купцы, чиновники, ремесленники, теологи, пасторы. Со времен Реформации все предки Бесселя исповедовали евангелическое вероучение.

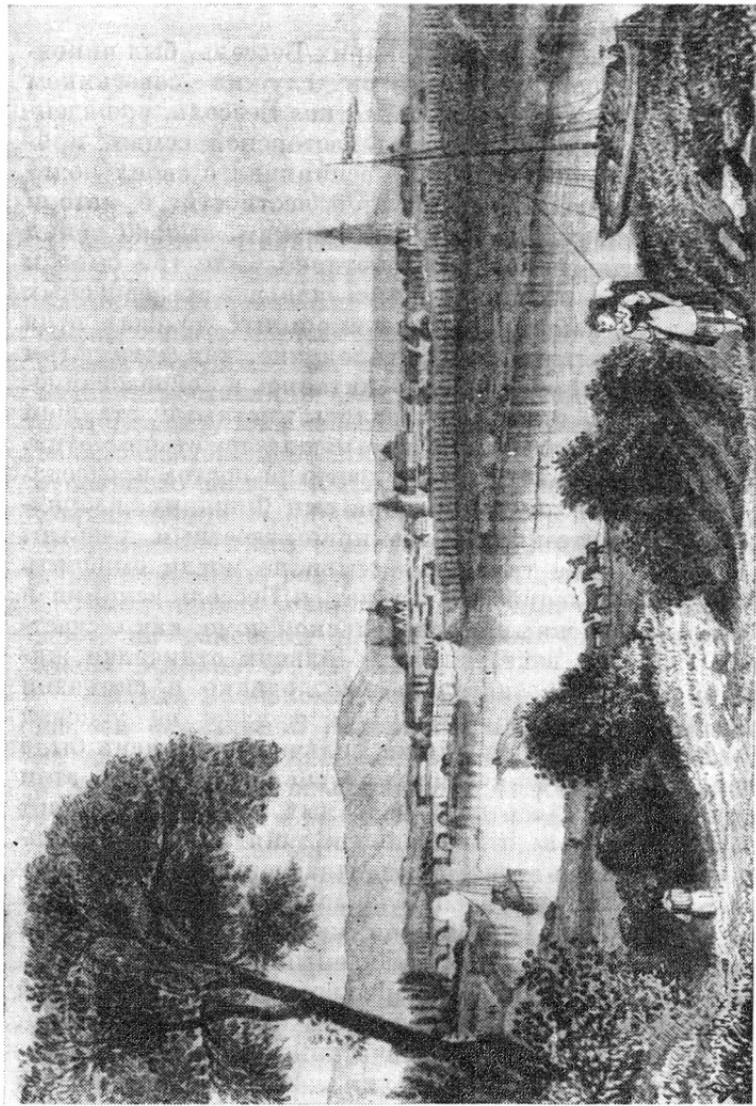
Фридрих Вильгельм принадлежал к минденской ветви своего рода, восходящей через Кристофа фон Бесселя, состоятельного человека, жившего в Миндене во второй половине XVI—начале XVII в., к советнику Минденского епископства Энгельберту фон Бесселю,

¹ Эта дата, названная самим астрономом, является общепринятой. Ю. Гамель отмечает [143, с. 12], что в церковной метрической книге указана другая дата рождения Бесселя — 21 июня 1784 г.

умершему в 1567 г. в соседнем городе Петерсхагене [136, с. 95]. По словам Ф. В. Бесселя [94, с. X], его предки в прошлом владели значительными земельными угодьями, утраченными со временем по неизвестным причинам.

Отец астронома, Карл Фридрих Бессель, был чиновником невысокого ранга — он служил советником юстиции в Миндене. Мать, Эрнестина Бессель, урожденная Шрадер, происходила из пасторской семьи, проживавшей в г. Реме. Бессель вспоминал о своих родителях как о людях безупречной честности, в матери отмечал беззаветную любовь к близким, высоко ценил ум отца. Интересы семьи, в которой было три сына и шесть дочерей, не простирались дальше повседневных забот о том, как при весьма скромных доходах отца сохранить материальное благополучие, как дать детям сколь-нибудь приличное воспитание и образование. Родительские усилия не оказались тщетными: старший сын Карл и младший Людвиг пошли по стопам отца, по юридической части, и оба достигли постов председателей земельного суда; средний сын Фридрих, избравший научную стезю, стал всемирно известным ученым.

Материальные трудности семьи не могли омрачить светлых впечатлений детских лет, и Бессель вспоминал о годах, проведенных в родительском доме, как о счастливом «золотом веке» жизни. Мальчик отличался живым умом и любознательностью, однако в гимназии слыл посредственным учеником и даже не успевал по латыни. Но не одна лишь мальчишеская лень была причиной его ученических неудач. Уже в этом возрасте проявилась одна из самых характерных черт будущего ученого: отвращение к занятиям ради занятий и одновременно всепреодолевающая тяга к такому знанию, которое приносит очевидную и непосредственную пользу, которое можно немедленно приложить к живому делу и получить желаемый результат. Отсюда неприязнь к бездумной зубрежке латыни и активный интерес к счету и к знаниям об окружающем мире. Сухой, отвлеченный гимназический курс не удовлетворял любознательности мальчика. И тринадцатилетний школьник, заручившись поддержкой своего учителя математики, убеждает отца забрать его из гимназии после окончания трех классов, с тем, однако, чтобы продолжить учебу самостоятельно. Под контролем отца он занимается дома математикой, географией,



Минден в начале XIX в. Гравюра. Государственная библиотека ГДР

письмом, французским языком. Это решение обучаться самостоятельно, и притом только предметам «полезным», быть может, было первым шагом Бесселя на том пути, который спустя годы привел его к вершинам науки.

К отроческим годам относится и первое «астрономическое открытие» будущего астронома, свидетельствующее о его пытливости и наблюдательности. Изучая небосвод, мальчик обнаружил, что слабая звездочка в созвездии Лиры, образующая вместе с Вегой и третьей звездой равносторонний треугольник, — двойная, в то время как на звездной карте она была изображена в виде одной звезды! Ошеломленный своим «открытием», Бессель поспешил поделиться им со старшим братом Карлом, но тот не мог рассмотреть двух звездочек, так как имел недостаточно острое зрение. Это была известная двойная звезда, компоненты которой ϵ и δ Лиры со звездными величинами соответственно 4,5 и 5,1 разделены расстоянием около 3,5 дугowych минут. Различить невооруженным глазом эту звезду как двойную могут только люди с очень острым зрением. Позже Бессель не раз обращался к этой звездной паре для проверки остроты своего зрения. Лет десять спустя он почти не различал двух звездочек, а позже, на склоне лет, он едва видел эту двойную даже как одиночную звезду.

Не следует искать прямой связи этого эпизода с астрономическим будущим Бесселя: он действительно увлекался астрономией в отроческие годы, как и его старший брат, но не более, чем другими предметами, к которым влекла его природная любознательность. И тогда еще ни сам Бессель, ни его родители не помышляли об астрономии как о чем-то серьезном, чему можно было бы посвятить жизнь. Иные, более простые и осязаемые цели определяли жизненные ориентиры семьи Бесселей: будущие занятия сыновей должны были обеспечить им «приличное» положение в обществе и материальное благополучие. В этом отношении карьера чиновника или коммерсанта представлялась весьма привлекательной. Поэтому Фридрих был вполне счастлив, когда один из друзей отца выхлопотал ему место ученика в солидной торговой фирме в Бремене. К тому же коммерческая деятельность предполагала занятия счетом, а это было как раз то, что ему всегда нравилось.

Бремен.

Начало учения и планы на будущее

В первый день 1799 г. отец привез Фридриха в Бремен, где подростку предстояло начать самостоятельную жизнь. Семь юношеских лет, проведенных в этом городе, выявили подлинное призвание Бесселя. В эти годы совершилась глубокая внутренняя эволюция его личности, произошла коренная переоценка ценностей и смена жизненных целей. Это был непростой и временами болезненный процесс, в результате которого юный Бессель, приехавший в Бремен с радостной решимостью стать преуспевающим коммерсантом, спустя семь лет отказался от блестяще начатой коммерческой карьеры, чтобы навсегда связать свою жизнь с наукой.

Старинный торговый город Бремен имел деловые связи со многими странами Старого и Нового Света, с французскими и испанскими колониями, с Китаем. Торговый дом «Андреас Готлиб Куленкамп и сыновья» вел обширные коммерческие операции и слыл одним из первых в Бремене учреждений такого рода. Здесь, на улице Паппенштрассе, Бессель 2 января 1799 г. получил свое первое рабочее место за конторским столом. По условиям договора ученик должен был в течение семи лет обучаться конторскому делу, после чего мог рассчитывать на место служащего в фирме Куленкампов. На время ученичества хозяева предоставляли жилье и питание, за что обучаемый должен был в меру своего умения выполнять работу конторщика.

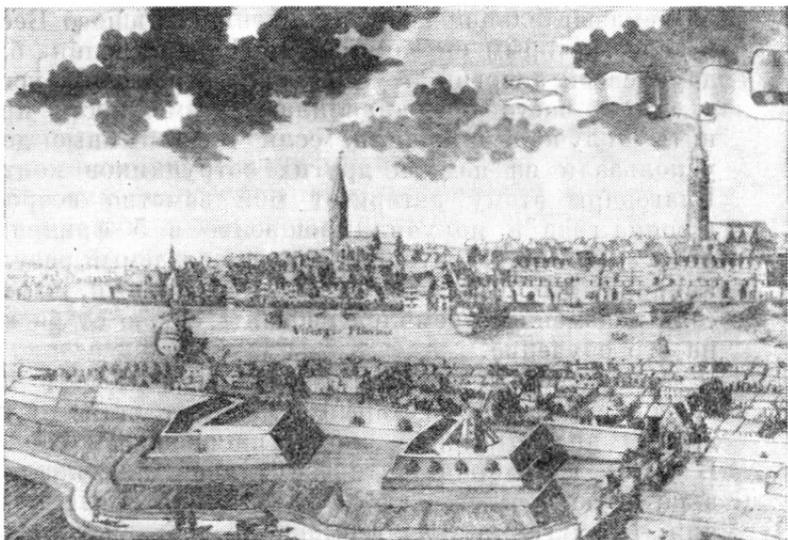
Перед глазами подростка открылся новый мир. Его захватывает атмосфера шумного, разноязычного портового города, поражают масштабы торговых дел Куленкампов, и Бессель с увлечением отдается своим занятиям. «В родительском доме, — вспоминал он позже, — я знал лишь узкий круг интересов, рассчитанных на благосостояние или, скорее, на скудное содержание семьи. А теперь перед моими глазами развернулись, напротив, крупные торговые дела, с которыми я постепенно знакомился благодаря копированию писем. Грандиозный характер всех этих предметов так живо заинтересовал меня, что даже в часы после обязательных занятий я продолжал оставаться в конторе и переписывал торговые книги с целью получить ясное представление обо всем предприятии» [94, с. XII]. Приведенный отрывок воспоминаний свидетельствует

об исключительной целеустремленности юного Бесселя в деле, которым он занимался. Новый ученик, благодаря своей энергии и усердию, быстро делал успехи: «. . . мне часто предоставлялась возможность применить полученные знания, если те или иные детали ускользали из памяти других сотрудников конторы. Благодаря этому авторитет мой заметно возрос, и в конце года я получил поощрение в 5 фридрихсдоров»² [94, с. XII]. Это был вполне осязаемый результат приложенных усилий, тем более желанный, что Бессель неизменно стремился избавить семью от расходов на его обучение.

Между тем в Европе назревали грандиозные политические события — старый континент стоял в преддверии драматической эпохи наполеоновских войн. В 1799 г. вторая антиреспубликанская коалиция, в которую вошли, в частности, Россия, Великобритания, Португалия, ряд германских государств, начала военные действия против Франции. Высадка британско-русских войск в Голландии не замедлила сказаться и на делах фирмы Куленкампа: ею был получен выгодный контракт на поставки хлеба и фуража для союзных армий. Эта сделка заметно увеличила оборот фирмы, прибавив работы ее служащим. Однако Бессель отмечает, что возросшая нагрузка на службе несколько не выбила его из колеи — без особого напряжения он успешно справлялся со своими служебными обязанностями. Когда же после поражения союзников осенью 1799 г. фирма прекратила свои поставки в Голландию и ее служащие смогли «перевести дух», Бессель обнаружил, что он располагает запасом свободного времени, которым следовало разумно распорядиться.

Юный конторщик все чаще задумывается над своим будущим. Он присматривался к занятиям окружающих его людей, примеряя к себе тот или иной вид деятельности, и в конце концов остановил свой выбор на профессии торгового агента фирмы, обязанностью которого было сопровождение кораблей с товаром в далекие заморские страны. В этой роли можно было сполна применить свои познания в части коммерции и, что было очень заманчиво, испытать суровую романтику дальних странствий.

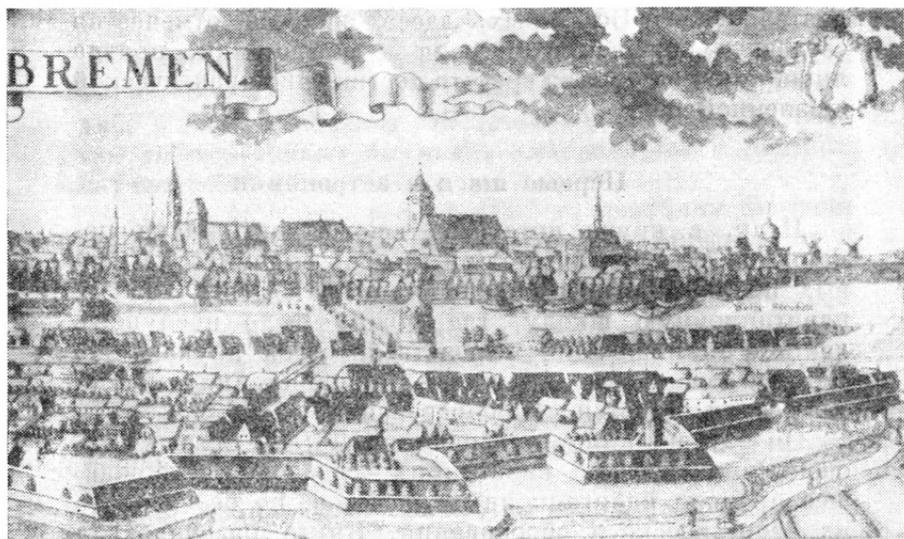
² Фридрихсдор — прусская золотая монета с содержанием около 6 граммов золота.



Бремен во второй половине XVIII в. Гравюра
Государственная библиотека ГДР

Бессель остается верным себе и, поставив перед собою пусть и отдаленную цель, немедленно приступает к делу. Все свободное от службы время он посвящает теперь подготовке к будущей своей работе. Он изучает по книгам историю, теорию и практику торговли, географию; читает описания морских путешествий и дальних стран. Самые необходимые сведения выписывает в специально заведенную тетрадь. Путешественник должен владеть иностранными языками, и Бессель со всей своей юношеской энергией принимается за их изучение. Три месяца усиленных занятий понадобилось ему для овладения английской разговорной речью. Он штудирует испанский язык, разбирая испанскую книжку с помощью словаря и учебника грамматики, а произношению его обучает знакомый подмастерье кузнеца, живший прежде в Испании.

В обязанности торгового агента не входит знание искусства навигации, но все же мореплавателю, по мнению Бесселя, оно может пригодиться. «Я полагал, что в любом случае будет полезным умение независимо от судовых вычислений определять положение корабля в море с помощью непосредственных наблюдений с секстантом и секундными часами, насколько это позволит



положения Солнца и Луны. Ганзейские капитаны кораблей были совершенные невежды в этом „новом искусстве“. Я беседовал на эту тему со многими, с кем сводили меня торговые дела, и слышал единодушное мнение, что это уменье совершенно излишне, что корабельных вычислений вместе с полуденным определением широты вполне достаточно, а самое главное — это внимание при приближении корабля к берегу. Хотя это и недалеко от истины, когда речь идет о кратковременных переходах в европейских морях, но достаточно небольшого соображения, чтобы убедиться, что более длительные путешествия требуют других средств. Равно и усердие, с которым англичане обучали астрономии своих моряков, подтверждало, что это умение не так уж излишне, как полагали в своем невежестве наши капитаны. По этим соображениям овладение „современным искусством“ представлялось мне еще более важным. . . Я решил изучить астрономическую часть навигации» [94, с. XIII—XIV]. Эти строки воспоминаний Бесселя интересны в двух отношениях. Во-первых, они еще раз свидетельствуют о той основательности, с которой он относился к любому делу, в данном случае — к подготовке себя к будущей коммерческой

деятельности. Во-вторых, здесь впервые отмечается серьезное обращение Бесселя к астрономии, правда лишь как к одному из средств достижения практической жизненной цели.

Первые шаги в астрономии

Итак, в кругу интересов юного конторщика появляется астрономия, хоть и в очень скромной на первых порах роли. Он даже посещает в марте 1800 г. навигационную школу, где можно было послушать лекции по навигации и родственным ей наукам. Но все же основным средством приобретения знаний у Бесселя остается самообразование.

Он изучает книгу англичанина Дж. Г. Мура «Конспект практической навигации» — пособие, содержащее правила навигационных расчетов, но без всякого их теоретического обоснования. Книга разочаровала Бесселя, стремившегося дотошно постигнуть существо предмета. Причину неуспеха первых шагов в навигации он видел также в незнании основ астрономии. Надо было заняться этой наукой. Опасаясь насмешек товарищей по конторе, он тайком читает популярную книжку по астрономии, в которой его внимание привлекает ссылка на «Руководство к географическому определению мест преимущественно посредством зеркального секстанта» И. Г. Ф. Боненбергера. Бессель добывает «Руководство» и находит в нем то, чего недоставало книге Мура, — теоретические основы методов навигационных измерений. Книга Боненбергера оказалась полезной и в другом отношении: «Я ясно понял, что на свете есть математика и что она нужна для решения задач навигации!» [94, с. XV]. Теперь среди предметов, которые предстояло самостоятельно изучить ученику конторщика, появляется еще и математика.

В апреле 1801 г. Бессель пишет своему старшему брату Карлу, берлинскому гимназисту: «Ты все такой же великий астроном, как и прежде? Что же касается меня, то я почти совсем позабыл имена многих неподвижных звезд, которые мы так хорошо знали раньше, в 1797 году. Теперь, в 1801 году, я смогу отыскать лишь очень немногие созвездия. Но я достиг все же некоторых успехов в побочной области астрономии, которая относится к математической географии. Но так как у меня нет ни одного умного человека,

с кем я мог бы побеседовать обо всем этом, то и чтение моей английской книги мало помогает мне. Знаешь ли ты алгебру? Я многое дал бы, если бы понимал что-либо в этом. Наверное, это превосходная наука. Ничто так не порадовало бы меня, как если бы я немного изучил ее» [192, с. 116].

Таким образом, весной 1801 г. познания Бесселя в математике не простирались дальше арифметики и элементарной геометрии. Тем более поражает то стремительное восхождение к вершинам математической науки, которое он совершил в следующие 4—5 лет.

По воспоминаниям Бесселя, общественная атмосфера в Бремене, как ни в одном другом ганзейском городе, благоприятствовала развитию науки и привлечению к ней интереса широкой публики. Центром научной деятельности был городской музей, обладавший солидной библиотекой и богатой коллекцией естественнонаучных экспонатов. Собрания музея пополнялись самими бременцами: мореходы привозили сюда всевозможные заморские диковинки, состоятельные горожане дарили музею книги и поддерживали его денежными пожертвованиями. Лекции на научные темы для широкой публики привлекали в музей многочисленную аудиторию. Среди слушателей таких лекций был и Бессель.

Здесь он впервые услышал имена двух астрономов, сыгравших впоследствии исключительную роль в его судьбе. Это были Генрих Вильгельм Ольберс и Иоганн Иероним Шретер, о большом уважении к которым уже в то время свидетельствуют строки письма к брату: «. . . у нас в Бремене нет недостатка в ученых людях. Ты, кажется, думаешь, что науки у нас здесь совершенно вымерли. У нас здесь есть один человек, которым мы по справедливости можем гордиться. Доктор Вильгельм Ольберс, как известно, великий астроном, которому ученый мир обязан очень крупным трудом о системе комет. Знаменитый главный судья Иероним Шретер — его ближайший друг» [192, с. 116]. Но это были люди иного круга, и о личном знакомстве с ними ученик конторщика мог только мечтать.

Постепенно на фоне сугубо прагматического взгляда на цели своих занятий Бессель замечает в себе первые признаки «чистого» интереса к основам науки. Большое впечатление произвели на его воображение два важных астрономических открытия Ольберса: в январе

1802 г. Ольберс, воспользовавшись вычислениями К. Ф. Гаусса, вновь обнаружил первую малую планету Цереру, которую год назад открыл Пиацци и которая была им «потеряна». 28 марта того же года Ольберс открыл вторую малую планету, названную им Палладой. То, что эти открытия были сделаны совсем рядом, хорошо известным человеком, особенно взволновало воображение Бесселя и еще больше обострило его интерес к астрономии. Под впечатлением открытий Ольберса он пытается постигнуть искусство вычисления планетных орбит из наблюдений: «Досадно, что мне не удастся сделать подобных наблюдений. А то я попытался бы как-нибудь вычислить орбиту планеты Цереры. К чему же мне иначе Кеплеровы законы! Математика ведь самая приятная из всех наук. Она и астрономия заменяют для меня танцевальное общество, концерты и другие подобного же рода удовольствия, о которых я знаю лишь понаслышке» [192, с. 118—119]. В этих словах, относящихся к 1802 г., сквозит неподдельный интерес к чисто астрономическим задачам, не связанным непосредственно с навигационными методами.

Стремясь разобраться в существе астрономических вычислений, Бессель обращается к серьезным изданиям: к журналу «Ежемесячные корреспонденции», который с 1800 г. издавал в Готе Франц Ксавер Цах, и к «Берлинскому астрономическому ежегоднику», основанному в 1774 г. Иоганном Элертом Боде. В этих изданиях было еще много непонятного, но постепенно пробелы в его знаниях сокращались благодаря систематическим упорным занятиям.

Первые наблюдения

Деятельная натура Бесселя не могла ограничиться одним лишь книжным изучением астрономии: у него появилось непреодолимое желание самому выполнить астрономические наблюдения и с их помощью определить географические координаты Бремена. Для этого нужны были инструменты. Мысль об их покупке ученику конторщика с более чем скромным бюджетом пришлось сразу же исключить. Оставалась единственная возможность — соорудить инструменты собственноручно. Эта идея явилась Бесселю в 1802 г., но осуществить ее удалось только летом 1803 г., когда он

стал обладателем двух астрономических инструментов — секстанта и часов с секундными ударами. Деревянные детали секстанта — подставку и сектор радиусом 18 парижских дюймов³ — изготовил из красного дерева столяр по чертежам Бесселя. В сектор был вделан лимб из слоновой кости, на котором Бессель самостоятельно нанес деления с интервалом 15 дуговых минут. Эту работу он в течение четырех недель кропотливо выполнял в утренние часы перед службой в конторе. К сектору жестко крепился телескоп с отверстием 13 линий⁴ и фокусным расстоянием 17 дюймов. В фокусе телескопа Бессель установил винтовой микрометр; указателем для считывания зенитных расстояний по сектору служила нить отвеса. Телескоп давал 15-кратное увеличение; с ним можно было уверенно наблюдать даже едва заметные глазом звезды. Секстант оказался очень удачным и сравнительно недорогим. Второй инструмент — часы — Бесселю помог устроить знакомый часовщик.

Единственное окно в комнате, в котором квартировал ученик Куленкампов, выходило на север и поэтому было неудобным для астрономических наблюдений. Бесселю пришлось установить свой секстант в доме приятеля И. Г. Гелле⁵, где было помещение с большими окнами, смотревшими на юг, запад и восток. Эта комната стала первой обсерваторией будущего знаменитого астронома, и здесь в августе 1803 г. он выполнил свои первые наблюдения с самодельными инструментами. 17 августа он наблюдал солнечное затмение, во время которого сделал 18 измерений высоты Солнца для определения поправки часов. С этой же целью он наблюдал пары звезд с близкими склонениями на одинаковых высотах к востоку и к западу от меридиана. По наблюдениям каждой пары можно было независимо определить поправку часов, а контроль точности определения достигался сравнением результатов по отдельным парам. «Я был удивлен полученной точностью, ожидая от своего прибора значительно

³ 1 парижский дюйм равен 27,07 мм.

⁴ 1 линия равна 2,256 мм или $\frac{1}{12}$ парижского дюйма.

⁵ Дом № 34 по ул. Гутфильтерштрассе. В 1870 г. на этом доме была установлена мемориальная доска со следующей надписью: «В этом доме величайший астроном нашего времени Фридрих Вильгельм Бессель выполнил свои первые наблюдения в 1803 году» [242, с. 153].

меньшую, — вспоминал Бессель. — Но еще более ценным результатом, чем эта точность, было приобретенное мной умение производить тригонометрические вычисления» [94, с. XVI].

Отработав методику определения поправки часов, Бессель выполнил важнейшее в его планах наблюдение — покрытие звезды Луной для определения разности долгот Бремена и какого-нибудь другого пункта с известной долготой. Для этого нужно было знать момент покрытия по местному времени этого пункта. Бессель с нетерпением ожидал необходимых данных, пока они наконец не появились в «Ежемесячных корреспонденциях» и в «Ежегоднике» Боде. По методике, хорошо известной ему из «Руководства» Боненбергера, Бессель с волнением вывел искомую долготу. Результат превзошел все ожидания: ошибка определения не превышала нескольких секунд!

Первый большой успех окрылил Бесселя. «Нужно быть юношей, — писал он, — чтобы понять, какую радость доставила мне эта удача. Я не ошибусь, если скажу, что именно это событие решило мою судьбу» [94, с. XVI]. Эти слова, написанные ученым уже на склоне лет, не следует понимать буквально, в том смысле, что тогда, в 1803 г., он решил посвятить свою жизнь астрономии. В тех же воспоминаниях он пишет о более позднем времени: «То, что астрономия некогда станет моей профессией, не могло прийти мне в голову даже во сне» [94, с. XVIII]. Коммерческая карьера отнюдь не потеряла своей привлекательности в глазах юного Бесселя. Поэтому слова о «событии, решившем судьбу» имеют более глубокий смысл. Бессель открыл в себе способность собственным умом и своими руками добиваться чего-то большего, чем успех на службе, — способность самостоятельно добыть крупицу научной истины. И это открытие отозвалось в нем новой, ни с чем не сравнимой радостью, однажды познав которую, высокая натура уже не пожелает отказаться от стремления испытать ее снова и снова.

В одном из книжных магазинов Бесселю попал в руки «Учебник астрономии» знаменитого астронома и превосходного педагога Ж. Ж. Ф. Лаланда. Книга оказалась очень полезной: «Как только я обнаруживал в своих познаниях какой-либо пробел, я тотчас открывал учебник Лаланда и всякий раз находил желаемое удовлетворение» [94, с. XVIII]. С помощью этого учеб-

ника и статей Ольберса он основательно разобрался в методах вычисления кометных орбит по данным наблюдений. Приобретенное знание требовало конкретного применения. «Это было, — писал Бессель, — следствием моей точки зрения на науку: я хотел не познакомиться с ней, а получать ее результаты. Я усердно учился, но не ради экзамена, а ради тех плодов, которые меня неотразимо влекли!» [94, с. XVIII].

Вычисление орбиты кометы Галлея. Знакомство с Ольберсом

Случай испытать свои познания и умение, имевший важные последствия в судьбе молодого человека, скоро представился. В приложении к «Берлинскому астрономическому ежегоднику» он нашел данные о наблюдениях кометы Галлея, выполненных еще в 1607 г. Томасом Харриотом и Натаниелем Торпорлеем. Это были первые наблюдения знаменитой кометы, произведенные с помощью инструментальных средств, и поэтому Ф. К. Цах, незадолго перед тем нашедший их в архиве графа Эгремона в Англии, решил их опубликовать. Вычисление орбиты кометы по данным Харриота и Торпорлея представляло серьезную задачу теоретической астрономии, для решения которой требовались профессиональная подготовка и основательные вычислительные навыки. И Бессель решил взяться за эту работу. Он напряженно трудился весь июнь и большую часть июля 1804 г., просиживая за вычислениями до 2—3 часов ночи. 330 страниц заняли расчеты, и цель была достигнута: Бессель получил наконец «свои» элементы орбиты Галлеевой кометы. Никогда прежде ему не приходилось выполнять астрономическую работу столь высокого уровня и такого большого объема, никакие прежние его вычисления не шли в сравнение по научной значимости с этой работой. И Бесселю очень хотелось услышать о ней мнение специалиста. Обстоятельства благоприятствовали тому: лучший в Германии специалист по кометам Генрих Вильгельм Ольберс жил в одном городе с Бесселем.

Ольберс был медиком по образованию, полученному им в Геттингене, где он защитил диссертацию на степень доктора медицины, и его повседневной деятельностью в Бремене была врачебная практика. Но в исто-



Г. В. Ольберс

рию науки имя Ольберса навсегда вошло благодаря его работам в области астрономии, которой он занимался, повинаясь внутреннему влечению, в свободное время и на личные средства.

Бессель уже несколько лет знал Ольберса по его научным работам и лекциям и давно горел желанием познакомиться с ним лично. Теперь повод для знакомства появился, и оставалось предпринять решающий шаг. «Увидев одиноко идущего вниз по улице Ольберса я с замирающим сердцем пересек ему путь,

быстро пройдя по переулку, и попросил разрешения показать ему скромный труд по астрономии, на который я отважился. Получив согласие Ольберса, я час спустя вручил ему свое сочинение. Это произошло в субботу, 28 июля 1804 г. На следующий день, в воскресенье, вторая половина которого была свободной от конторской службы, беспокойство о впечатлении, которое произведет моя работа на Ольберса, побудило меня к продолжительной прогулке. Возвратившись, я обнаружил письмо от Ольберса и несколько книг, присланных им мне. Книги содержали неизвестные мне сведения об этой комете» [94, с. XX]. Так вспоминает Бессель об этом знаменательном дне.

Мнение Ольберса об астрономической работе молодого конторщика было совершенно определенным. В письме, приложенном к книгам, он писал: «Я с большим удовольствием прочел Ваше превосходное сочинение о комете 1607 года. Оно дает мне не только самое полное представление о Ваших огромных математических и астрономических познаниях и Вашем превосходном искусстве вычисления в самых трудных частях, но и само по себе для меня чрезвычайно интересно. И если можно в нем что-либо покритиковать, то только то, что Вы гораздо больше затратили времени, труда и остроумия на обработку наблюдений Харриота и Тор-

порлея, чем они того заслуживают. Вы учитываете десятые доли секунды, когда здесь даже полминуты не имели бы значения.

Между тем законченный Вами труд тем более ценен, что мы теперь благодаря Вашим исследованиям точно знаем, что можно извлечь из наблюдений Харрпота. Именно поэтому Ваше сочинение должно быть опубликовано, и я прошу Вашего согласия сообщить о нем г-ну Цаху или г-ну Боду» [94, с. XX—XXI].

Бессель был безмерно счастлив и буквально полетел на улицу Зандштрассе к Ольберсу с изъявлением благодарности. Так состоялось знакомство 20-летнего конторщика и маститого врача, положившее начало их многолетней дружбе, основанной на общей любви к астрономии.

Среди книг, присланных Ольберсом, было сочинение Христиана Северина Лонгомонтана, в котором приводились неизвестные Бесселю наблюдения кометы Галлея. Переработав к середине августа 1804 г. свои вычисления с учетом этих данных, Бессель отправил статью Ольберсу, находившемуся на отдыхе за пределами Бремена. Ольберс переслал ее Цаху для опубликования. В сопроводительном письме он писал: «Приложение, которое я посылаю, доставляет мне большое удовольствие представить Вам молодого астронома с совершенно исключительным дарованием. Это Фридрих Вильгельм Бессель, еще очень молодой человек, служащий здесь в одной из главных коммерческих фирм. Жаль, что такой талант не может быть в полной мере отдан астрономии!» [1, с. 425].

Цах весьма благосклонно принял работу Бесселя, отметив в кратком предисловии к ней, что «знаменитый французский астроном Мешен ⁶ 15 лет назад получил за подобную работу о столь же известной комете 1601 года премию Академии. Бессель не получает премии, но заслуживает ее. Но разве похвала такого астронома, как Ольберс, не равнозначна ей?» [1, с. 426]. Первая научная работа Бесселя под названием «Вычисление наблюдений Харриота и Торпорлея кометы 1607 года» [1] была опубликована в ноябрьской книжке «Ежемесячных корреспонденций» за 1804 г.

Этот первый серьезный опыт послужил Бесселю хорошей школой вычислительной работы, а поддержка

⁶ П. Ф. А. Мешен (1744—1804) открыл 11 комет.

XXXV.
B e r e c h n u n g
der Harriot'schen und Torporley'schen
Beobachtungen
des Cometen von 1607.

Von
Friedrich Wilhelm Bessel. *)

**Заглавие первой научной работы Бесселя,
1804 г.**

Ольберса придала новую энергию. Он немедленно приступает к расчету элементов орбиты кометы 1618 г., наблюдения которой были найдены Цахом в том же самом архиве, и успешно завершает эту работу в конце 1804 г. В мае 1805 г. она была опубликована в «Ежегоднике» Боде на 1808 г. По предложению Ольберса Бессель вычислил орбиты еще нескольких комет. О том, какого совершенства достиг он в этом искусстве, свидетельствует эпизод, рассказанный Ольберсом. Не застав однажды вечером Бесселя дома, Ольберс оставил ему четыре наблюдения новой кометы с просьбой при случае вычислить ее орбиту. Бессель вернулся только к 10 часам. Каково же было удивление искусного в вычислениях Ольберса, когда в 8 часов утра следующего дня его молодой друг принес готовую работу! Весь расчет занял у Бесселя всего 4 часа!

В этом же 1804 г. (не без участия Ольберса) в жизни Бесселя произошло еще одно важное событие: в декабре он получил из Брауншвейга письмо от Карла Фридриха Гаусса, в то время уже увенчанного славой знаменитого математика благодаря созданному им и блестяще оправдавшемуся «повторным открытием» Цереры методу вычисления планетных орбит по малому числу наблюдений. Гаусс очень лестно отзывался о первой работе Бесселя и обращался к нему с просьбой помочь

в вычислении видимых положений Солнца, потребных для определения орбит трех малых планет: Цереры, Паллады и Юноны.

29 декабря Бессель ответил следующим письмом: «Высокочтимый, глубокоуважаемый господин доктор!

Проникнутый чувством истинного благоговения, точу я перья, чтобы написать Вам. Я получил письмо, которым Вы меня удостоили. Ваше желание было для меня приказанием, исполнение которого доставило мне много удовольствия.

Уже несколько лет назад я имел счастье узнать Ваше имя и ту славу, которая неразрывно связана с ним. С тех пор я горю желанием дать Вам доказательства моего безграничного к Вам почтения, и я счастлив, что нашел наконец такую возможность. Я прилагаю вычисления долготы Солнца с 28 июля 1805 г. по 4 августа 1806 г., которые, надеюсь, отвечают Вашему желанию. Я ввел также в долготы нутацию, так что Вы сможете и этим воспользоваться. Я прошу меня извинить за промедление с пересылкой — многочисленные занятия другого рода задержали подготовку таблиц.

Меня интересуют теперь вычисления кометы 1618 г., для которой имеется очень много, как кажется, хороших наблюдений.

Я весь отдаюсь в Ваше распоряжение и имею честь быть искренне Вашим —

Фридрих Вильгельм Бессель» [96].

Гаусс напечатал в мартовском номере «Ежемесячных корреспонденций» за 1805 г. статью «Геоцентрическое движение Цереры в 1805 и 1806 гг.», указав, что часть работы была выполнена Бесселем.

Начавшаяся в 1804 г. переписка Бесселя и Гаусса продолжалась в течение 40 лет.

Астрономия становится страстью

Имя молодого конторщика печаталось в солидных изданиях рядом со славными именами Ольберса и Гаусса, обретая известность в научных кругах. Научные контакты со знаменитым Гауссом еще более способствовали закреплению в сознании Бесселя представлений о серьезном, недилетантском характере его астрономических занятий и тем сильнее привязывали его к науке.

В первой своей работе об орбите кометы Галлея Бессель столкнулся с тем, что таблицы поправок Т. Симпсона не обеспечивают достаточной точности при вычислении истинной аномалии для непараболических орбит. Усовершенствовав симпсоновскую методику, он опубликовал в «Ежемесячных корреспонденциях» в сентябре 1805 г. теоретический мемуар «О вычислении истинной аномалии для орбит, близких к параболическим». Это была третья из опубликованных им научных работ (не считая упомянутой статьи Гаусса о Цере-ре).

К этому времени Бессель уже имел достаточно ясное понятие о механизме возмущения кометных орбит под воздействием притяжения других небесных тел. Эти знания он почерпнул из учебника Лаланда. Однако аналитический аппарат теории возмущений оставался белым пятном в его астрономическом образовании. Справившись с теоретической статьей «О вычислении истинной аномалии . . .», он решил, что сможет теперь самостоятельно осилить теорию возмущений, и принялся за чтение «Небесной механики» Пьера Симона Лапласа. Первые попытки постигнуть математику этого фундаментального труда, развивающего идеи Ньютон-овых «Начал», оказались неудачными — не хватало знаний по математическому анализу. Бессель прибег к испытанному средству — проработал учебник математики А. Г. Кестнера и снова обратился к книге Лапласа. «Мои успехи на первых порах, были очень скромными, — вспоминал он, — но меня не покидало мужество, тем более что к моей несказанной радости я обнаружил, что понимание последующих глав постепенно облегчалось. Таким способом я прошел два первых тома «Небесной механики», откладывая постижение тонкостей теории на более позднее время. Большая часть 1805 г. и начало 1806 г. были употреблены на это. Я полагаю, что никогда я не распоряжался своим временем с большей пользой» [94, с. XXIX].

Радость от сознания самостоятельного постижения сложнейших разделов астрономии и математики порождала планы новых работ и новые идеи, но . . . повествуя о жизни Бесселя-астронома в бременский период, не следует забывать, что по положению он оставался Бесселем-конторщиком, обремененным всеми обязанностями служащего торгового дома.

Ежедневно он являлся в контору в 8 часов утра и

уходил оттуда в 8 вечера, имея 2—3 часа свободного времени в середине дня. Послеполуденное время в воскресенье было свободным от службы, и в эти часы Бессель обычно отдыхал в обществе товарищей или отправлялся на прогулку по окрестностям города. Научным занятиям отводились вечерние и ночные часы — с 9 вечера и до 3 ночи. В это же время он иногда наблюдал на инструментах Ольберсовой обсерватории. На сон оставалось не более пяти часов, и этого, по мнению Бесселя, было вполне достаточно, о чем свидетельствовало его неизменно хорошее самочувствие.

Его положение в торговом доме Куленкампов было очень прочным: хозяева высоко ценили его практический ум, исключительную добросовестность, трудолюбие. После трех лет службы ему уже было назначено жалованье в 12 фридрихсдоров, а к концу обучения он получал 30 фридрихсдоров. Этих денег хватало на приобретение книг и на хозяйственные расходы, так что от материальной помощи отца Бессель смог отказаться. Нередко по делам службы его посылали в другие города, но и в разъездах он не расставался со своими рукописями и не упускал из вида научных интересов. Во время одной из таких поездок в конце 1804 г. Бессель посетил старую обсерваторию А. Г. Кестнера в Геттингене и обсерваторию Ф. К. Цаха на горе Зеберг в Готе. Цах был в отъезде, и гостя сердечно принял его помощник, а впоследствии преемник Бернгард Август Линденау. Круг «астрономических» знакомств Бесселя расширялся. Его серьезные занятия астрономией уже не составляли секрета ни для товарищей, ни для хозяев, а старый Куленкамп относился к увлечению ученика с уважением и даже с одобрением.

Таким образом, в бременские годы отношение Бесселя к астрономии носило двойственный характер: с одной стороны, он рассматривал занятия этой наукой как одно из средств продвижения по коммерческой службе; с другой — испытывал к ее предмету глубокий «чистый» интерес, не обусловленный какими-либо прагматическими соображениями.

Двойственность отношения Бесселя к астрономии отразилась и на предмете его научных занятий, в которых можно проследить два направления. Одно из них, связанное с избранием карьеры торговца-мореплавателя, включало изучение навигации и как следствие —

обращение к астрономии и математике: изготовление астрономических инструментов и удачные наблюдения с ними, усвоение вычислительных приемов, наконец, закрепление навыков навигационных измерений с помощью инструментов домашней обсерватории Ольберса. Это была если и не совсем спланированная, то, во всяком случае, сознательная и естественно складывавшаяся последовательность действий, направленных на конкретную практическую цель.

Но к тому времени, когда эта цель была достигнута, Бессель был уже прочно пленен астрономией: «Удовлетворенный полученными знаниями и уверенный в том, что, став торговым агентом, могу в желанных морских путешествиях определить местонахождение судна в любое время, если это позволит положение светил, я бы вместе с навигацией оставил и астрономию, если бы то, что я узнал о ней, не побудило меня к более глубокому проникновению в эту область» [150, с. 172].

Что же так заинтересовало Бесселя? С гимназических лет он знал, что небесные тела движутся по определенным законам и что астрономы имеют средство предвычислять эти движения. Но в чем состоит это средство, какова связь между движением небесного тела и математическими вычислениями? — вот что волновало его. Потребность найти ответ на эти вопросы фактически и привела Бесселя в астрономию. «То, что я остановился бы на мореплавании, если бы не возникло перед тем желание понять вычисления астрономов, кажется мне несомненным», — писал он [150, с. 173]. И эта внутренняя потребность служила двигателем на втором направлении его астрономических занятий, не связанных с практической навигацией. Повинуясь этой потребности, он шаг за шагом шел к постижению теоретических основ астрономии, неразрывных с математикой. На этом пути лежат попытки вычислить орбиту Цереры в 1802 г., расчет элементов затмений и покрытий звезд Луной в 1803 г., вычисление орбиты кометы Галлея в 1804 г., теоретические изыскания по методам определения кометных орбит и изучение «Небесной механики» Лапласа в 1805—1806 гг.

Чем шире и глубже становились познания Бесселя в астрономии, тем сильнее она влекла его к себе. Он с нетерпением ожидал окончания рабочего дня в конторе, чтобы скорее приступить к астрономическим

занятиям и неохотно расставался с ними в предутренние часы. Трудности лишь разжигали его энергию, успехи приносили радостное удовлетворение. Признание научных заслуг молодого конторщика учеными с широко известными именами укрепляло его уверенность в своих творческих возможностях.

«Бедность, но звезды»

Зимой 1804—1805 гг., задумываясь над своим будущим, Бессель впервые почувствовал смутные сомнения в правильности выбранного жизненного пути. Как ни привлекательны казались морские странствия, но принести им в жертву занятия наукой теперь ему было очень трудно. В январе 1805 г. он пишет своему бывшему гимназическому учителю, построившему в Мюнстере небольшую обсерваторию: «Кто же там будет наблюдать небо? Если бы несколько лет назад я начал заниматься только астрономией, то, быть может, у меня была бы надежда, но сегодня мне нужно гнать такие мысли прочь. . . Я был бы счастлив, если бы мог еще сменить свою профессию» [150, с. 178]. За год до окончания срока обучения у Куленкампов, в преддверии осуществления своих юношеских мечтаний Бесселю было очень нелегко от охвативших его сомнений. И даже если бы в нем созрела решимость отказаться от прежних жизненных планов, где бы мог он заработать на существование, занимаясь только астрономией?

Его добрый гений Ольберс пришел к нему на помощь и в это трудное время. С тех пор как Ольберс прочел первую научную работу Бесселя, а затем имел возможность вполне оценить дарование своего юного друга, его не оставляла мысль о том, что Бессель должен посвятить себя астрономии. Но для воплощения этих замыслов нужно было найти молодому таланту подходящее место и помочь ему решиться на столь серьезный жизненный шаг. Неожиданным следствием астрономических изысканий Ольберса стало вполне житейское происшествие — уход из Лилиентальской обсерватории, принадлежавшей И. Шретеру, его помощника Карла Людвиг Гардинга. События развивались в такой последовательности.

В ученом мире еще не остыло возбуждение от сообщения о вновь найденной Церере, как Ольберс объявил об открытии им 28 марта 1802 г. еще одной малой



К. Л. Гардинг,
1811 г.

планеты. Новое небесное тело, названное Ольберсом Палладой, было обнаружено в той же части неба, где наблюдалась Церера, и орбиты обеих планет оказались очень близкими. Это обстоятельство показалось Ольберсу неслучайным и навело его на мысль, что обе планеты образовались в результате разрушения одной, обращавшейся некогда вокруг Солнца. Из этой гипотезы следовали два вывода: во-первых, число обломков распавшейся планеты могло не ограничиваться двумя; во-вторых, орбиты всех обломков должны пересекаться

вблизи одной точки пространства, и следовательно, каждый кусок бывшей планеты должен рано или поздно пройти около этой точки. Ольберс нашел точки пересечения орбит двух открытых планет — одна из этих точек оказалась в созвездии Девы, другая — в созвездии Кита. И хотя это было лишь очень зыбкое предположение, тем не менее оно обострило внимание наблюдателей к указанным Ольберсом участкам неба. И именно в созвездии Кита 2 сентября 1804 г. ассистент Шретера К. Л. Гардинг открыл в Лилиентале третью малую планету! Пользуясь правом первооткрывателя, он назвал новое небесное тело Георговой Юноной — в честь короля Великобритании Георга III, который был тогда и ганноверским курфюрстом. Польщенный монарх оценил не только ученые заслуги своего подданного: Гардингу была пожалована профессура в Геттингене, вследствие чего освобождалось место ассистента в обсерватории Шретера. Это был именно такой случай, которого ожидал Ольберс, имея в виду будущие Бесселя.

Ольберс встретился со Шретером для делового разговора, после чего тот пригласил к себе Бесселя, чтобы показать ему обсерваторию. В субботу 13 июля 1805 г. Бессель отправился пешком в Лилиенталь, предполагая

остаться у Шретера до воскресенья, с тем чтобы ночью увидеть инструменты в действии. Однако погода оказалась пасмурной, и гостю пришлось ограничиться лишь осмотром астрономических приборов. Богатое оснащение обсерватории, мощь ее инструментов поразили воображение Бесселя. В глубоком раздумье возвращался он на другой день в Бремен.

Все последующие дни мысли о будущем не давали ему покоя. Не сразу, по-отечески поддерживаемый и поощряемый Ольберсом, он решился сделать выбор. Через две недели после посещения Лилиентала, как раз в годовщину знакомства с Ольберсом, Бессель обратился к Куленкампу с просьбой расторгнуть договор, семилетний срок которого истекал через 5 месяцев — 31 декабря 1805 г. Уход столь ценного работника из конторы стал бы ощутимой потерей для фирмы Куленкампов, и Бесселю было предложено место служащего с очень высоким годовым жалованьем — 600—700 талеров⁷. (Для сравнения заметим, что, заняв спустя годы пост директора обсерватории и профессорскую должность в университете, Бессель получал 800 талеров.) Предложение Куленкампов было очень выгодным, оно сулило прочное материальное положение и безоблачное будущее. Однако Бессель не изменил принятого решения. По просьбе хозяев он остался до поры в торговом доме, но с твердым намерением в ближайшие месяцы окончательно порвать с коммерческой деятельностью и безраздельно заняться астрономией.

Когда переход в Лилиенталь, казалось, был лишь вопросом времени, ситуация значительно осложнилась из-за позиции Гардинга. Получив геттингенскую профессиру, он пожелал сохранить за собой — фактически в качестве синекуры — также и должность ассистента в Лилиентале с прежним жалованьем в 200 талеров. Такой оборот дела был бы ударом для Бесселя, и до начала октября он витал между страхом и надеждой. Ольберс развернул энергичную деятельность, стараясь во что бы то ни стало отдать место ассистента Бесселю. В результате было принято компромиссное решение: Гардинг получал половину своего прежнего жалованья, а другую Шретер смог предложить Бесселю. Перспектива более чем скромного существования не

⁷ Талер — серебряная прусская монета, содержащая 16,7 г серебра; 5 талеров составляли фридрихсдор.

остановила Бесселя: он «предпочел бедность, но звезды» и навсегда связал свою жизнь с наукой о небе.

17 октября 1805 г. Гардинг окончательно оставил Лилиенталь, и Бессель мог приступить к исполнению своих обязанностей в обсерватории. Однако, не желая огорчать Куленкампов уходом из конторы, в которой в то время было очень много работы, он остался в Бремене до весны. 24 февраля умер старый Куленкамп, с большой теплотой и симпатией относившийся к Бесселю, и с этой смертью как бы оборвалась последняя ниточка, связывавшая будущего астронома с торговым домом.

19 марта 1806 г., простившись с товарищами по службе, Бессель погрузил на повозку свои скромные пожитки, книги и рукописи и дождливым вечером поехал по размокшей проселочной дороге в Лилиенталь, навстречу своему будущему.

Спустя годы Ольберс, оглядываясь на свой жизненный путь, скажет, что наибольшая его заслуга перед астрономией состоит в том, что на его долю выпало первому оценить, направить и поощрить гений Бесселя [191, с. 51].

Глава 2

В Лилиентале

Шретер и его обсерватория

Владелец Лилиентальской обсерватории Иоганн Иероним Шретер, как и Ольберс, не был профессиональным астрономом, но вместе с тем слыл лучшим после Вильяма Гершеля наблюдателем неба. В 1764 г. он поступил в Геттингенский университет, чтобы изучать право, но, интересуясь астрономией, посещал также лекции профессора А. Г. Кестнера, преподававшего эту науку. Получив юридическое образование, Шретер обеспечил себе надежное материальное положение и в течение ряда лет служил в разных местах по юридической части. В 1777 г. он поступил на службу в судебную палату в г. Ганновере, где на почве интереса к музыке познакомился с гобоистом Исааком Гершелем, отцом астронома Вильяма Гершеля, жившего в то время в Англии. Это знакомство оживило неугасавший интерес Шретера к астрономии, и он даже приобрел с помощью Дитриха Гершеля, младшего брата Вильяма, 3-футовый¹ квадрант Доллонда.

В 1781 г. Шретер принял управление грязелечебным местечком Лилиенталь близ Бремена. Исполняя там административные обязанности, он не забывал и о занятиях астрономией: соорудив небольшой павильон, начал вести систематические наблюдения на доллондовском квадранте. Но все же точная измерительная астрономия мало привлекала Шретера — он больше интересовался строением и топографией Луны и планет и сообразно этим интересам оснащал в последующие годы свою обсерваторию. В 1783 г. он заказал В. Гершелю 4-футовый ньютонский рефлектор, который в 1785 г. был установлен в обсерватории, а в апреле 1786 г. приобрел у него же 7-футовый телескоп с увеличением до 1200 раз. Позже

¹ Английский фут равен 30,48 см.

Шретер привлек к изготовлению зеркальных телескопов механика И. Г. Шрадера из Кюля, который к 1794 г. отшлифовал зеркало для 13-футового телескопа, а впоследствии изготовил зеркало диаметром около 20 дюймов (48,4 см) для телескопа с фокусным расстоянием 27 футов (8,5 м). Так Шретер стал обладателем крупнейшего на континенте телескопа.

Чтобы полнее использовать возможности своего инструментария, Шретер в 1796 г. взял к себе в помощники К. Л. Гардинга. Теолог по образованию, Гардинг, как некогда и сам Шретер, слушал в Геттингене лекции Кестнера по астрономии и всегда имел склонность к практическим наблюдениям. Гардинг прослужил в Лилиентале 9 лет.

В 1799 г. Шретер задумал строить грязелечебницу, однако расходы на оснащение обсерватории так подорвали его финансовое состояние, что потребных для строительства средств у него не оказалось. Тогда Шретер продал за 1200 фунтов свои инструменты английскому правительству Ганновера, выговорив при этом себе право пожизненно пользоваться ими. Так были изысканы деньги на строительство лечебницы, и, кроме того, ассистент Гардинг перешел в категорию государственных служащих, получая 200 талеров из казны до того времени, пока его в этой должности не сменил Бессель.

Шретер жил в Лилиентале со своей преклонных лет сестрой в бывшей монастырской усадьбе, окруженной старым парком. Справа от въезда на широкий двор возвышалась церковь, поодаль располагались несколько хозяйственных построек; дом Шретера стоял в глубине двора на самом берегу небольшой речки. Тишина округи нарушалась лишь шумом воды в колесе водяной мельницы да время от времени звоном церковного колокола. Окрестности здесь были очень живописны, особенно в летние месяцы.

Тихое, уединенное лилиентальское бытие было совершенно не похоже на ту жизнь, к которой Бессель привык в Бремене. Там ежедневно приходилось встречаться со множеством лиц, решать разнообразные деловые вопросы, быть в постоянном движении. Здесь его общество ограничивалось дружелюбным, но очень немногословным Шретером, его сестрой да немногими обитателями усадьбы. Теперь все свое время Бессель мог посвятить астрономии.

В распоряжении нового ассистента был довольно большой выбор инструментов, и он имел возможность самостоятельно решать, что и как наблюдать. Уже в первые лилиентальские месяцы обозначилась сфера научных интересов Бесселя: точная позиционная астрономия, т. е. та область астрономических исследований, которая основана на тонком измерении и строгом математическом расчете. В этом выборе проявилось общее свойство бесселевской природы: стремление к точности, определенности, к тщательности исполнения любого дела. Однако главные инструменты Шретера — телескопы-рефлекторы — были меньше всего приспособлены для прецизионных астрономических измерений. Например, простейшую, но важную операцию — измерение малых угловых расстояний в поле зрения телескопа — Бесселю приходилось выполнять примитивным устройством, принцип действия которого основывался на одновременном наблюдении обоими глазами: один глаз смотрел в окуляр, другой на специальную подвижную измерительную решетку. Совмещая деления решетки с точками, угловые расстояния между которыми измерялись, можно было определить искомый угол. Таким приспособлением был снабжен 15-футовый рефлектор Х. Гефкена, установленный в обсерватории в 1806 г.

И если инструменты Шретера идеально соответствовали его интересам, то Бессель чувствовал себя стесненным в средствах для строгих измерений. В сущности, для этих целей годился лишь 3-футовый квадрант Доллонда. Тем не менее Бессель энергично принялся за работу.

На первых порах он занялся исследованием инструментов с целью выявить их важнейшие особенности и погрешности. Параллельно он не прекращал теоретических исследований, частью начатых еще в Бремене и связанных в основном с расчетами кометных орбит. Ночные часы за инструментами он по совету Ольберса чаще всего проводил, наблюдая кометы и малые планеты. Результаты своих исследований Бессель регулярно публиковал в «Ежемесячных корреспонденциях» и в «Берлинском астрономическом ежегоднике».

Личное знакомство с Гауссом. Трудные времена

Внешнее однообразие лилиентальских будней молодому человеку скрашивали продолжительные прогулки по окрестностям городка и в особенности охота, которой он увлекался все сильнее. Страсть к охоте он сохранил на всю жизнь. Через год после переезда в Лилиенталь, весной 1807 г., Бессель отправился в родной Минден, к родителям. О необходимости отдохнуть ему не раз говорил заботливый Ольберс. Для поездки домой был и особый повод — свадьба старшей сестры Шарлотты.

Но в родительском доме он получил известие о том, что в Лилиенталь приезжает Гаусс. Бессель спешит воспользоваться случаем лично познакомиться со знаменитым математиком и астрономом и немедленно возвращается в Лилиенталь. Однако приезд Гаусса откладывался, и знакомство на этот раз не состоялось. Они встретились впервые лишь 28 июня 1807 г. в Бремене, в доме Ольберса, где провели вместе два дня. Личное знакомство еще более укрепило взаимное расположение молодых людей, сложившееся за два с половиной года их переписки. Затем приехал Шретер и забрал Ольберса и его гостей в Лилиенталь, где незаметно пролетели еще три дня, в течение которых Гаусс и Бессель не расставались ни на час. В обществе своих маститых коллег Ольберса и Шретера тридцатилетний Гаусс и двадцатичетырехлетний Бессель подолгу обсуждали новости астрономии, свои работы, планы будущих наблюдений и теоретических исследований.

В идиллической тишине Лилиенталья за учеными беседами можно было на некоторое время забыть о бушевавших над Европой бурях истории. Будущий «король математиков» Гаусс и будущий первый астроном Европы Бессель не знали, что в эти же самые дни в далеком Тильзите на берегах Немана также впервые встретились двое самодержцев, но для решения проблем совсем иного рода. Русский царь Александр I и французский император Наполеон, еще две недели назад бывшие смертельными врагами в кровавом побоище под Фридрихсландом, теперь среди балов и забав публично состязались в излишних любезностях, дружеских чувств и взаимных симпатий. В перерывах между развлечениями они обсуждали условия будущего

мирного договора, в результате которого «у прусского орла были отрублены оба крыла» [194, с. 142]: король Пруссии Фридрих-Вильгельм III фактически лишился своего королевства. Среди множества больших и малых неприятностей, постигших монарха и его подданных после Тильзитского мира, два политических факта отразились и на судьбе далекого от брачных дел астронома Бесселя. Один из них — потеря королем Берлина и переезд его двора в Кенигсберг. О том, как это обстоятельство сказалось на биографии Бесселя, речь пойдет позже. Другим следствием Тильзита стало учреждение Наполеоном 18 августа 1807 г. Вестфальского королевства, подданными которого становились астроном Бессель и математик Гаусс. Новое королевство должно было платить в императорскую казну непосильную контрибуцию и, кроме того, поставлять рекрутов в наполеоновскую армию, начинавшую испанскую кампанию 1808 г.

Гаусс, только что назначенный при содействии Ольберса директором астрономической обсерватории в Геттингене, обязан был лично внести в казну огромную для него сумму — 2000 франков. На помощь пытался прийти Ольберс, приславший деньги, но Гаусс отправил их обратно. Позже он получил известие от Лапласа, что требуемая сумма внесена от имени Гаусса в Париже, но отклонил и этот дружеский жест, выплатив в конце концов обременительный налог самостоятельно.

Положение Бесселя было еще более критическим: он попадал под рекрутский набор. Неизвестно, как бы сложилась судьба будущего реформатора астрономии, окажись он в наполеоновской армии. В этот трудный час, как и не раз прежде, Бессель в полной мере ощутил отеческую заботу Ольберса, который вместе со Шретером и Гауссом делал все возможное, чтобы спасти молодого ученого от рекрутчины. Но все их усилия оказывались тщетными. И только обращение за помощью к известному историку и публицисту И. Мюллеру, назначенному лично Наполеоном министром в Вестфальском правительстве, оградило молодого ученого от участи наполеоновского солдата.

1808 год был для Бесселя тяжелым и в личном плане. Нарушился его контакт со Шретером, слишком поглощенным строительством грязелечебницы и потому не уделявшим достаточного внимания астрономии,

Чувство одиночества усугубилось потерей бременского друга И. Г. Гелле, умершего весной этого же года. Ко всему прочему Бессель страдал еще и от неразделенной любви к одной юной особе. Эти переживания повергали его время от времени в тяжелое меланхолическое состояние.

И все же, несмотря на депрессию, временами угнетавшую его, Бессель очень плодотворно работал в обсерватории Шретера. За четыре лилиентальских года (с марта 1806 г. по март 1810 г.) он напечатал 51 научную работу, в том числе 25 о движении комет, несколько статей о малых планетах Церере, Юноне, Весте, о покрытиях звезд, об исследовании инструментов, 12 научных рецензий. За работы о наблюдениях и вычислениях элементов возмущенной орбиты кометы 1807 г. Бессель в 1810 г. был награжден премией Лаланда. Особое место среди лилиентальских работ занимает теоретическое исследование фигуры Сатурна, основанное на микрометрических измерениях.

С Лилиенталем связано и начало кропотливого и изнурительного труда Бесселя над обработкой гринвичских наблюдений Дж. Бадлея, выполненных в 1750—1762 гг. Это монументальное исследование, начатое по совету Ольберса в 1807 г., было завершено в Кенигсберге, где увидело свет в 1818 г. под полным достоинством названием «Fundamenta Astronomiae» («Основания астрономии») (см. гл. 7).

Приглашение в Кенигсберг

Если к 51 работе лилиентальского периода добавить еще 6 «бременских» то получится весьма солидный для 25-летнего ученого научный багаж. Имя Бесселя обрело широкую известность в научных кругах, и он не раз получал предложения занять тот или иной пост в других обсерваториях или учебных заведениях. Его приглашают в Дюссельдорф, где готовилось открытие высшей школы, на экстраординарную профессию в Лейпциг, затем в Грейфсвальд, но Бессель не решается принять ни одно из этих предложений. В какой-то мере его останавливало отсутствие педагогического опыта, жаль было также расставаться со стареющим Шретером. Особенно заманчивым было предложение перейти в обсерваторию на горе Зеберг близ Готы, которое прислал Б. А. Линденау, прием.

ник Ф. К. Цаха в этой обсерватории. Это предложение обсуждалось в кругу друзей 2 ноября 1809 г., когда в Лилиенталь заехали по пути в Гамбург Г. В. Ольберс, К. Ф. Гаусс и Г. Х. Шумахер. Бессель не принял окончательного решения, желая уточнить некоторые условия возможного перехода в Готу.

Но лишь только он проводил гостей, как прибыло новое предложение. По поручению Вильгельма Гумбольдта Бесселю писал из Берлина академик И. Г. Траллес, предлагая поехать в Кенигсберг, чтобы возглавить там обсерваторию и занять профессорскую должность в университете. В. Гумбольдт, один из самых образованных людей Пруссии того времени, брат знаменитого путешественника и естествоиспытателя Александра Гумбольдта, занимал в Берлине пост директора департамента просвещения и религий. В. Гумбольдт активно содействовал объединению тех сил Пруссии, которые ставили своей целью освобождение страны от французской оккупации. По его инициативе в 1810 г. в Берлине был открыт университет, носящий его имя, он же всемерно поддерживал планы основания обсерватории в Кенигсберге.

9 ноября Бессель ответил Траллесу письмом и в свою очередь поставил вопросы, касающиеся условий переезда и работы в Кенигсберге. Не дождавшись ответа, он пересылает Ольберсу копии своего письма и письма Траллеса с просьбой посоветовать, что предпринять [94, с. 217]. Бессель также просит Ольберса написать Траллесу и напомнить ему об этом деле. Мудрый Ольберс советует своему молодому другу ехать в Кенигсберг, если его условия будут там хотя бы частично выполнены. Переписка Бесселя с Берлином в декабре 1809 г.—январе 1810 г. окончательно прояснила условия, на которых Бессель мог бы переехать на новое место. Ему предлагалось построить обсерваторию, оснастить ее необходимыми инструментами за казенный счет, а затем возглавить ее. Назначалось жалованье 800 талеров в год; 300 талеров он получал одновременно на расходы по переезду. Кроме того, директор обеспечивался бесплатным жильем при будущей обсерватории и бесплатным топливом. Поддержанный Ольберсом, Бессель принимает окончательное решение. 21 января 1810 г. он пишет Ольберсу: «Все поворачивается таким образом, что мое счастье будет зависеть только от меня. Вам, наверное, приятно со-

знавать, что благодаря Вашему совету и Вашей постоянной заботе я поднят на такую высоту» [94, с. 220].

Еще два месяца Бессель оставался в Лилиентале, продолжая работу в обсерватории, но все его помыслы теперь были связаны с предстоящей большой переменой в его жизни. 27 марта 1810 г., сердечно простившись со Шретером, Бессель навсегда покинул Лилиенталь. В день прощания они виделись в последний раз.

События последующих лет оказались роковыми для Шретера и его обсерватории. Стремясь ужесточить континентальную блокаду Англии и не доверяя своим вассалам на территории Германии, Наполеон в декабре 1810 г. присоединил к Французской империи все побережье Немецкого моря, включая и Бременскую область. Лилиенталь оказался на «французской» территории. Поражение Наполеона в России в 1812 г. возродило надежды Пруссии на освобождение от иноземного диктата и усилило в прусских политических кругах стремление к новому союзу с Россией. Русские войска вновь вступили на территорию Пруссии зимой 1812—1813 гг., и это побудило Наполеона выступить в апреле 1813 г. против союзных сил России и Пруссии. Французские части вторглись и в Лилиенталь. 25 апреля наполеоновские солдаты разграбили обсерваторию, поломали инструменты, разбили хронометр. Часть приборов была украдена.

В эти дни Шретер был в Бремене у Ольберса. Вернувшись 1 мая в Лилиенталь, он был потрясен картиной страшного погрома. Катастрофа повергла Шретера в глубокое отчаяние. Возродить свое детище, свою обсерваторию, где он провел у телескопа 32 года, у старого астронома не было никакой надежды. Он прожил еще около трех лет и умер 23 августа 1816 г. В 1840 г. были снесены последние следы обсерваторских сооружений. И только надгробие с именем астронома у церкви и надпись на скромном камне напоминает о том, что некогда здесь была одна из лучших обсерваторий Европы.

Глава 3

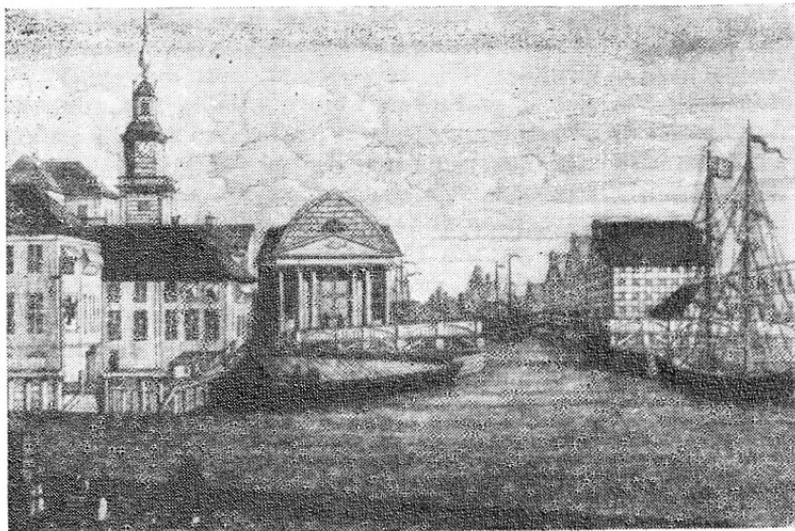
Университет и обсерватория

Город и университет

Переезд в Кенигсберг стал важнейшим событием в научной и житейской биографии Бесселя. В этом городе он создал обсерваторию и выполнил свои самые значительные научные работы, здесь он много лет читал лекции в университете. С Кенигсбергом были тесно связаны его общественная деятельность и семейная жизнь. Здесь он прожил 36 лет, и здесь был погребен его прах.

Никогда прежде Бессель не бывал в этом городе и имел о нем довольно неопределенные представления. Кенигсберг начала XIX в. — провинциальный город Пруссии с населением около 60 тыс. человек, с морской гаванью Пиллау, старинным рыцарским замком, готическим кафедральным собором XIV в. и почтенного возраста университетом. Город располагался в устье р. Прегель, острова и берега которой соединялись семью мостами. Кенигсберг был основан в 1255 г. рыцарями Тевтонского ордена на месте древнепрусского поселения Твангсте после одной из побед немецких завоевателей над коренными жителями этих земель — прибалтийским племенем пруссов. 13-летняя война с Польшей (1454—1466) лишила орден его столицы Мариенбург (ныне Мальборк, ПНР), и с 1457 г. административным и политическим центром ордена крестоносцев становится Кенигсберг, оставаясь таковым до последних дней существования этой военно-религиозной организации немецких феодалов. В 1525 г. последний, 37-й по счету, великий магистр Тевтонского ордена Альбрехт Гогенцоллерн под влиянием Реформации упраздняет этот рыцарский союз, принимает лютеранство и провозглашает себя герцогом Альбрехтом I — главой нового светского государства — Прусского герцогства со столицей в Кенигсберге.

Первое в Европе протестантское государство остро



**Кенигсберг в начале XIX в. Набережная р. Прегель
Из справочника 1829 г.
Калининградский областной историко-художественный музей**

нуждалось в пасторах — проповедниках новой религии, в государственных чиновниках, дипломатах, учителях и врачах. Эти потребности побуждают герцога открыть в 1544 г. университет в Кенигсберге — второе после университета во Франкфурте-на-Одере (1506 г.) академическое заведение в Пруско-Бранденбургском государстве Гогенцоллернов. С 1701 г., после провозглашения Пруссии королевством со столицей в Берлине, Кенигсберг становится рядовым центром Восточной Пруссии, одной из провинций новой монархии, но при этом сохраняет привилегии коронационного города прусских королей.

Сложной и противоречивой была история Кенигсбергского университета. Немецкое феодальное государство, созданное на колонизованных землях прибалтийских народов, в качестве важнейшей политической цели рассматривало германизацию коренного населения этой части Восточной Европы — прежде всего литовского и польского народов. И новое академическое заведение в Кенигсберге призвано было служить одним из главных идеологических инструментов в колонизаторской политике бывших рыцарей-

завоевателей. Это изначальное предназначение наложило печать на всю историю Кенигсбергского университета, особенно в первые два с половиной столетия его существования. В условиях жестких идеологических ограничений, в атмосфере бесплодных, длившихся десятилетиями религиозно-догматических распрей, под гнетом постоянной материальной нужды университету трудно было выйти на уровень передовых учебных заведений Европы того времени. Университетской поговоркой стало высказывание современника и коллеги И. Канта профессора Х. Крауса: «Тот, кто посвятил себя Кенигсбергскому университету, этим самым дал обет бедности» [176, с. 43]. Если добавить сюда суровость, по европейским понятиям, климата Восточной Пруссии, отдаленность города от важнейших центров немецкой науки, ограничения университетских свобод властями, то станет понятным, почему к началу XIX в. Кенигсбергский университет был в научном отношении одним из самых отсталых академических заведений в Прусском государстве. В 1806 г., например, на четырех факультетах университета обучалось всего 332 студента. Особенно бедственным было положение тех факультетов, где преподавались естественные науки, — философского и медицинского: на них числилось только 11 студентов.

«Кенигсбергский университет вплоть до смерти Канта совершенно не пользовался заботой правительства. Кенигсбергские жители утверждали, что на Восточную Пруссию в Берлине смотрели как на своего рода Сибирь. Количество кафедр в университете было ничтожное, университетская библиотека очень бедна. Действующий университетский устав не изменялся в течение столетия и носил средневековый характер» [173, с. 245] — так писал проработавший многие годы в Кенигсберге уроженец России, будущий петербургский академик К. М. Бэр. При этом он подчеркивал, что «кабинетов и музеев для преподавания естественных наук, которые возникли недавно, там совсем не было, так же как не было астрономической обсерватории» [173, с. 246]. Далекий от астрономических проблем зоолог и путешественник Бэр подчеркивает факт отсутствия в университете обсерватории не только потому, что в те времена преподавание математики и астрономии было почти единым и обсерватория считалась неотъемлемой принадлежностью европейского

университета. Бэр, писавший свою «Автобиографию» на склоне лет, после дальних путешествий на Новую Землю и к Каспийскому морю хорошо знал цену точным географическим картам и понимал роль астрономических наблюдений в их создании. Кенигсберг же, как морской порт, особенно нуждался в достоверных картографических данных и, следовательно, в астрономической обсерватории.

Впервые планы строительства обсерватории в Кенигсберге в рамках реорганизации университета возникают в Берлине в 1800 г. [149, с. 9]; однако их осуществление откладывалось по разным причинам на неопределенное время. В университетских кругах возвращались время от времени к идее сооружения обсерватории и даже присматривали для нее место (например, в башне замка или на Королевской улице). Но дело не двигалось.

Осуществление замысла строительства обсерватории получило неожиданное ускорение вследствие событий общеевропейского масштаба. Потеряв свою армию, а с ней Берлин и большую часть королевства после сокрушительного поражения в битвах с Наполеоном под Иеной и Ауэрштедтом осенью 1806 г., прусский король Фридрих Вильгельм III нашел прибежище на самом краю своей монархии — в Мемеле¹ и Кенигсберге. После победы Наполеона под Фридрихсландом летом 1807 г. Кенигсберг был занят французами, и король лишился этой резиденции вплоть до подписания Тильзитского мира в июле того же года. По условиям мирного договора Фридриху Вильгельму III возвращались четыре провинции его бывшего королевства, и он смог снова возвратиться в Кенигсберг, ставший отныне его резиденцией. Здесь он прожил безвыездно до конца 1809 г.

Затянувшееся вынужденное пребывание в Кенигсберге заставило короля пристально присмотреться к нуждам этого города, и особенно к бедственному положению здешнего университета. Одним из следствий этого стало приглашение в университет Бесселя, посланное ему осенью 1809 г. — именно во время пребывания короля в Кенигсберге. По всей вероятности,

¹ Ныне г. Клайпеда Литовской ССР. Королевскую семью приютил здесь в своем доме купец Аргеландер — отец будущего знаменитого астронома Ф. В. Аргеландера (1799—1875).

кандидатуру Бесселя предложил королю В. Гумбольдт, который был в Кенигсберге с 14 апреля по 10 октября 1809 г.

Глубокий политический, экономический и военный кризис, в котором Пруссия находилась в те годы, способствовал консолидации патриотических сил страны и оживлению ее интеллектуальной жизни. На волне патриотического подъема и не без влияния передовых идей Французской революции пробуждается общественная мысль, выводятся из застоя естественные науки. Этот процесс коснулся и Кенигсбергского университета, куда привлекаются свежие научные силы. С этого времени начинает подниматься научный уровень университета, растет его авторитет.

Начало работы в университете

Ф. В. Бессель приехал в Кенигсберг 11 мая 1810 г. — спустя полтора месяца после отъезда из Лилиенталя. Путешествие оказалось столь долгим, потому что, покидая родные места, он хотел проститься со своими близкими и друзьями за пределами Лилиенталя, а также заехать по делам в Берлин. Он навестил родителей в Миндене, откуда в дальнейшем пути его сопровождала сестра Амалия, пожелавшая разделить с братом далекое путешествие и поселиться с ним вместе в Кенигсберге. Затем в Геттингене они посетили Гаусса, приехав к нему как раз в день его помолвки. Гаусс сердечно напутствовал друга в преддверии нового этапа его жизни. Из Геттингена Бессель направился в Готу к Линденау, а затем прибыл в Берлин. Здесь его тепло принял директор Берлинской обсерватории И. Э. Боде, ознакомивший Бесселя с проектом будущей обсерватории в Кенигсберге. Однако Бессель выговорил себе право не придерживаться предложенного ему проекта со всей строгостью, а сооружать обсерваторию в соответствии с собственным разумением. В Берлине же он познакомился с В. Гумбольдтом и И. Траллесом. В начале мая Бессель выехал почтовой каретой из Берлина в Кенигсберг.

В Кенигсберге он встретил очень благожелательное отношение, послужившее ему в первые месяцы жизни на новом месте столь необходимой поддержкой. В соответствии с договором он должен был после приезда приступить к профессорским обязанностям в универ-



Ф. В. Бессель,
1810 г.

ситете и начать строительство обсерватории. Здешний университет имел традиционную для европейской высшей школы структуру: три высших факультета — теологический, юридический и медицинский — и один низший — философский. Математика и астрономия преподавались на философском факультете. Бессель был рекомендован на должность профессора астрономии. Не имея опыта преподавания и общения с аудиторией, он испытывал естественное волнение в преддверии новой для себя деятельности. Однако начало преподавательской работы оказалось удачным. «Что

меня раньше пугало — чтение лекций — теперь потеряю свою неприятную сторону: я читаю весьма охотно и всегда при полной аудитории» [96, с. 122], — писал Бессель Гауссу 26 августа 1810 г.

Но если отношения со студенческой аудиторией складывались у молодого преподавателя благоприятно, то этого нельзя было сказать о его контактах с руководством философского факультета. Дело в том, что Бессель, никогда не учившийся в университете, не имел никакой ученой степени, даже магистерской, которая присваивалась после окончания «низшего» философского факультета. На этом основании старая профессура, обладавшая влиянием в университетском сенате, ставила под сомнение право Бесселя читать лекции, о чем ему было дано понять. Самолюбие Бесселя было больно задето. Он отказался пройти через все формальности, связанные с защитой магистерской степени на факультете, заявив, что как королевский профессор астрономии имеет право читать лекции по этой науке, не принадлежа ни к одному факультету. Формальные затруднения могли лишь возникнуть с правом чтения лекций по математике, о чем Бессель написал в Берлин. Из полученного ответа явствовало,

что в Берлине заинтересованы в том, чтобы Бессель читал также и математику, что ему будет оказано содействие в получении магистерского диплома в Кенигсберге с минимумом формальностей, полностью исключить которые все же нельзя. Но время шло, а факультет не спешил с выдачей диплома, хотя Бессель согласился прочитать в следующем семестре лекции по тригонометрии и теории рядов. Оставался еще один путь — попытаться получить магистерский диплом в каком-либо другом университете.

Как всегда в трудную минуту, Бессель обратился за советом и помощью к своим друзьям — Ольберсу и Гауссу, написав им о своих проблемах. Гаусса он просил выяснить, нельзя ли получить диплом в Геттингене: «Я прошу Вас, если это не связано с особыми хлопотами и если это вообще допустимо, дать понять Вашему философскому факультету, что мне был бы нужен их магистерский диплом. . . Я хочу надеяться, что мне эту любезность окажут охотно, даже без предварительной прямой просьбы, к которой я более чем по одной причине не хочу и не могу прибегнуть. Если же, мой дорогой друг, у Вас появятся какие бы то ни было трудности в выполнении моего желания, или Вы найдете обстоятельства неподходящими, то я Вас очень прошу совершенно от этого отказаться, так как я ясно вижу, что имеются и другие пути доведения дела до конца и из них, возможно, самый прямой — ясное понимание того, что я вообще не хочу быть магистром. . .» [96, с. 125].

Гаусс сделал в Геттингене все от него зависящее, чтобы помочь Бесселю, даже убедил декана философского факультета не требовать, чтобы Бессель сам обращался на факультет с ходатайством. Дело тянулось с начала 1811 г. до апреля, когда Гаусс наконец с радостью сообщил своему другу о присуждении ему Геттингенским университетом не магистерской, а более высокой, докторской степени. Теперь Бессель мог с полным правом занять профессорскую должность в своем университете.

Трения Бесселя с факультетом были лишь частным проявлением напряженных отношений, сложившихся между старым консервативным крылом университетской профессуры и свежими молодыми силами, вливавшимися в университет. Молодых старались не допускать в университетский сенат, чинили им препят-

ствия в научной работе. Впрочем, эти трения между двумя поколениями преподавателей способствовали объединению молодых ученых. Бессель вместе с филологом профессором Фатером сплотили группу энергично работавших ученых в некоторое подобие научного общества, учредившего собственное издание с двумя отделами — естественнонаучным и гуманитарным. В соответствии с этим были образованы две редколлегии. В первую вошли Ф. В. Бессель (математика и астрономия), А. Ф. Швейггер (ботаника), В. Г. Ремер (медицина), К. Ф. Вреде (геология), К. Г. Гаген (физика). Физик и минералог Гаген был значительно старше других членов редколлегии, но, в отличие от многих своих почтенного возраста университетских коллег, он очень доброжелательно относился к молодым ученым и оказывал им всестороннюю помощь. Вторую, «гуманитарную» редколлегию возглавил И. С. Фатер. Естественники выпустили первый том своих трудов в 1812 г. под названием «Кенигсбергский архив естествознания и математики». В нем, в частности, были помещены работы Вреде по геологии Земландского полуострова, исследования Швейггера о растительности Балтийского побережья от Кенигсберга до Мемеля и другие статьи. Бессель написал для «Архива» сразу четыре работы: две из них касались математических вопросов, две другие были по астрономии. В астрономической работе «Некоторые результаты наблюдений Брадлея» сообщались кратко предварительные итоги начатой в 1807 г. в Лилиентале обработки гринвичских наблюдений 1750—1762 гг. Другая работа «Исследования планеты Сатурн, ее кольца и 4-го спутника» написана на основе лилиентальских микрометрических измерений положения этих объектов с целью уточнения массы Сатурна и его колец по величине возмущений в движении спутника. В этой работе строгому математическому анализу подвергнуты все отмеченные соединения и противостояния спутника, тщательно изучено явление «исчезновения» колец при пересечении Землей их плоскости, когда кольца из-за их тонкости недоступны наблюдению. Позже Бессель продолжил эту работу на гелиометре.

Строительство обсерватории

Итак, несмотря на трудности формального характера, с которыми Бессель в первые месяцы столкнулся в университете, его преподавательская деятельность началась удачно. Менее благополучно обстояло дело со строительством обсерватории. «Строительство должно начаться тотчас же, как только я прибуду в Кенигсберг» [94, с. 221], — писал он Ольберсу из Берлина 26 апреля 1810 г. по пути к месту назначения. Однако оптимизм Бесселя не оправдался. В его активе был лишь привезенный из Берлина проект, к тому же казавшийся ему неудовлетворительным, да обещания помощи и поддержки. В остальном пришлось начинать на пустом месте, а точнее, с выбора места для строительства обсерватории. Мысль устроить ее в замковой башне или в ином готовом сооружении Бессель отклонил сразу же, считая, что обсерватория должна иметь более надежное основание.

В поисках подходящей площадки он в первые дни после приезда в Кенигсберг тщательно осмотрел весь город и его ближайшие окрестности. Место должно было располагаться вдали от оживленных городских улиц, быть достаточно возвышенным, иметь открытый горизонт, особенно с южной стороны.

Уже через две недели после приезда Бессель писал Гауссу [96, с. 112], что подыскал два места, одинаково удобных для астрономических наблюдений, но неравноценных в других отношениях. Первое находилось на дальней возвышенной южной окраине города², было свободно от построек, и его можно было получить бесплатно, заручившись лишь согласием военного ведомства. Однако два недостатка этого варианта: соседство военных укреплений, которое могло обернуться для обсерватории непредвиденными последствиями в случае боевых действий, и удаленность от университета — побудили Бесселя к подбору еще одного места. Очень подходящим казался холм Буттерберг (Масляная гора) в самой высокой западной части старого городского вала. Равно удобный для наблюдений, он обладал тем преимуществом перед «южным» местом, что находился вблизи главных университетских построек. В этом районе располагались медицинские кли-

² По-видимому, возвышенность Хаберберг.

ники университета, с северной стороны Буттерберга вскоре должно было начаться строительство анатомического театра, с юга к холму примыкал старый парк, преобразованный в университетский Ботанический сад. Соседство Ботанического сада с южной стороны, где ведется основная масса меридианных наблюдений, представлялось очень привлекательным: зеленый массив способствовал чистоте и прозрачности воздуха и служил гарантией от застройки, которая могла бы стать помехой наблюдениям. За садом недалеко протекала река Прегель. К западу от подножия возвышенности тянулся слегка всхолмленный луг. Холм Буттерберг, возвышавшийся над средним уровнем реки Прегель на 21,3 м, был, как часть городского вала, полуискусственным сооружением, насыпанным в первой половине XVII в. В теле холма сохранились остатки каменных оборонительных сооружений, которые могли послужить солидной основой фундаменту обсерватории.

Без сомнения, Бессель выбрал бы для строительства Буттерберг, если бы не одно серьезное препятствие: здесь стояла ветряная мельница, за снос которой мельник просил слишком большой выкуп. Изложив в письменной форме свои соображения о каждом из двух возможных мест строительства, Бессель передал бумаги в военное ведомство, согласие которого требовалось в обоих случаях. Однако военные предпочли переслать бумаги в Берлин, где они пролежали еще шесть недель, прежде чем вопрос получил положительное решение. Имея теперь возможность выбора, университет предпочел бы Буттерберг, но для этого надо было сверх средств, запланированных на строительство, получить еще солидную сумму на выкуп мельницы. Снова был послан запрос в Берлин, и снова Бессель пребывал в томительном ожидании. И только в конце 1810 г. из Берлина пришло известие, что король выделяет дополнительно 8333 1/3 талера, и, таким образом, Буттерберг был окончательно выбран как место будущей обсерватории, к большой радости Бесселя. «Горизонт здесь почти совершенно свободен, и немногие возвышающиеся над ним строения настолько удалены, что не могут быть существенным препятствием для наблюдений. Немногие обсерватории на равнинной местности имеют столь открытый горизонт и прекрасный обзор окружающей местности» [8, АЗ, с. 296], — писал Бессель Линденау.

В конце зимы 1810—начале весны 1811 г. мельница на Буттерберге была снесена и там начались строительные работы. Руководил ими архитектор Б. Мюллер, известный в городе как строитель местного драматического театра. Строительство шло медленно и неровно. Трудности возникали прежде всего из-за нехватки средств, и неудивительно: страна была разорена недавней войной, огромная контрибуция, которую Пруссия выплачивала Наполеону, опустошила государственную казну, крайне тяжелым было политическое положение. По словам академика Е. Тарле, «Пруссия в 1810—1811 гг. ждала гибели» [221, с. 272]. «С самого начала 1810 г. ходили зловещие слухи о том, что Наполеон намерен без войны, простым декретом, уничтожить Пруссию, либо разделив ее на части. . . либо изгнав оттуда династию Гогенцоллернов и заменив ее кем-нибудь из своих родственников или маршалов» [221, с. 271].

Неудивительно, что в такой обстановке летом 1811 г. строительство обсерватории вовсе замерло, и казалось, не было никакой надежды возобновить его. Тщетно Бессель писал жалобы и запросы в разные инстанции — средств на продолжение работ не было. Он уже начал помышлять о переезде в другое место, и не без оснований, — его приглашали в обсерваторию в Маннгейм, и вопрос о возможном переезде обсуждался в переписке с Ольберсом. Два чувства обуревали Бесселя в это трудное время: сознание ответственности за начатое дело — и это удерживало его в Кенигсберге — и чувство долга перед наукой, прежде всего практической астрономией, которой он не мог посвятить себя полностью, не имея сей же час обсерватории. Желание исполнить этот долг питало его мысли о переезде.

Все же осенью 1811 г. Бесселю удалось получить 4000 талеров, работы возобновились, и хотя трудностей не убавилось, он окончательно решил остаться в Кенигсберге, чему способствовали и обстоятельства личного характера.

Наступил 1812 год. Наполеон готовился к войне с Россией. По его требованию оккупированная Пруссия, недавняя союзница России, должна была выступить в этой войне на стороне Франции. В конце весны и начале лета через Кенигсберг к берегам Немана потянулись наполеоновские армии. 12 июня в город прибыл сам император. Он поселился в замке, а на другой день

после приема представителей местных властей и купечества и смотра войск Наполеон пожелал осмотреть город и последствия страшного пожара, опустошившего центральную часть Кенигсберга в 1811 г. Он проехал верхом вдоль городского вала в западную часть города и здесь обратил внимание на развернувшееся на валу строительство. Рассказывают, что император был крайне изумлен, когда узнал, что строят не военное сооружение, как можно было ожидать, сообразуясь с обстановкой, а нечто прямо противоположное — астрономическую обсерваторию. «Боже мой, — воскликнул Наполеон, — прусский король может думать в нынешнее время о таких вещах!» [135, с. 17]. Еще несколько дней император пробыл в Кенигсберге, после чего 17 июня отправился через Велау и Гумбиннен³ к границе Российской империи.

А спустя всего лишь полгода, вместивших Бородино, пожар Москвы, бегство Наполеона из России и бесславный конец русской кампании, кенигсбержцы стали свидетелями беспорядочного отступления на запад остатков «великой армии», уцелевших после Бородинского сражения и спасшихся от лютых российских морозов. Преследуя недавних завоевателей, в Кенигсберг 7 января 1813 г. вошли передовые русские части, приветствуемые горожанами.

Разорительные наполеоновские войны ложились тяжелым бременем на плечи мирного населения втянутых в войну стран. Тяготы военного времени, усугубленные неопределенностью политического положения Пруссии, двойственностью политики прусского двора, ощущались и в Кенигсберге. «Зима 1813 года была ужасной, — писал Бессель Ольберсу. — Все вокруг было беспокойно. Многие болели, несколько близких умерли, но нас миновала эта участь. Я отделался легкой формой нервной лихорадки. Правда, в начале зимы она сопровождалась сильной простудой, схватившей мне грудь, и я постоянно испытывал страх перед чахоткой» [94, с. 346]. В этих трудных условиях строительство обсерватории все же продолжалось и хоть медленно, но приближалось к завершению. Осенью 1813 г. можно было уже устанавливать инструменты; 10 ноября 29-летний директор новой обсерватории

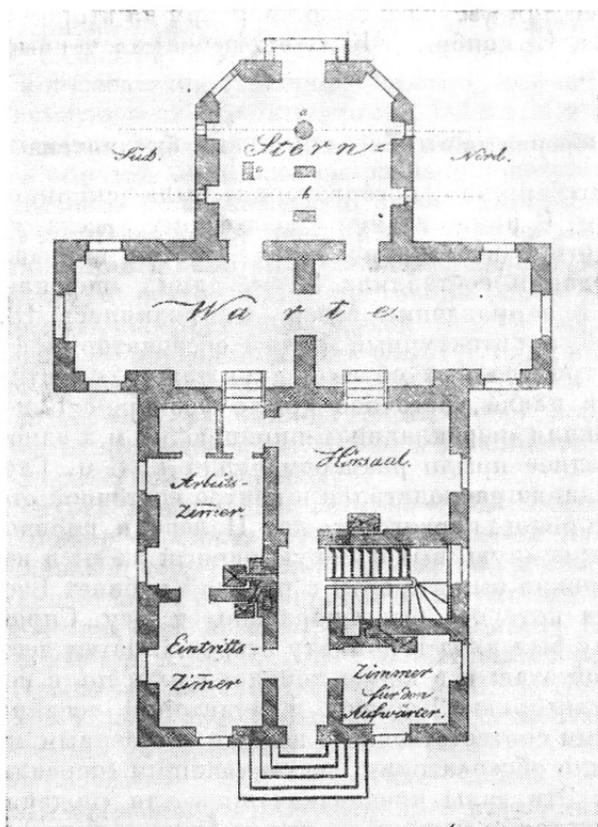
³ Ныне поселок Знаменск и г. Гусев Калининградской области РСФСР.

Ф. В. Бессель въехал в свою квартиру на втором этаже здания, а 12 ноября 1813 г. он выполнил первые наблюдения.

Обсерватория Бесселя и его библиотека

Кенигсбергская обсерватория была скромной по размерам. В плане здание имело форму креста, слегка вытянутого с востока на запад. В этом направлении длина здания составляла 26 м, длина «перекладины креста» в направлении север—юг равнялась 18,4 м. Внешний архитектурный облик обсерватории формировали три главных объема: двухэтажное, почти квадратное в плане восточное крыло размером 12×13 м, одноэтажная «перекладина» шириною 5,8 м и одноэтажное западное крыло размером около 7×8 м. Главный вход в здание располагался в центре восточной стены и вел в коридор первого этажа. Налево в коридоре — вход в приемную, выходящую окнами на юг и восток; из нее можно было пройти в рабочий кабинет Бесселя, два окна которого были обращены к югу. Справа по коридору был вход в комнату сторожа, затем лестница на второй этаж и в конце коридора — дверь в небольшую аудиторию. Кабинет и аудитория соединялись проходами соответственно с южным и северным залами собственно обсерватории, составлявшими «перекладину креста». Эти залы предназначались для «подвижных» инструментов, и каждый из них имел по три окна и распахивающиеся створки на крыше для наблюдений. Из этих помещений вели двери в западный — меридианный — зал обсерватории, имевший наружный выход в западной стене. Таким образом, все помещения обсерватории соединялись между собой, и можно было попасть в любое из них, не выходя наружу. На втором этаже восточного крыла размещалось жилье астрономов, в полуподвале находились комната для прислуги, подсобные хозяйственные помещения, а также кухня. Штат новой обсерватории состоял из двух человек: астронома и сторожа.

Итак, Кенигсбергская обсерватория начала свою деятельность. «На твердой земле Европы она есть одна из первых, которые были построены согласно с истинными требованиями науки, — писал русский астроном А. Н. Савич. — Прежние обсерватории всегда почти располагались на высоких башнях, посреди многолюд-



План Кенигсбергской обсерватории в 1813 г.

a — вертикальный круг, **e** — пассажный инструмент, **c** — часы Репольда

ных городов, а от этого установка инструментов была ненадежна и переменчива; в Кенигсберге же инструменты утверждены на камнях, имеющих свои особенные прочные фундаменты, не зависящие от стен и глубоко входящие в землю; они совершенно защищены от непосредственного действия лучей солнца, и как обсерватория лежит на весьма твердом грунте земли в отдаленной части города, где почти нет езды, то не происходит сотрясений, расстраивающих установку инструментов» [134, с. 82—83].

Важнейшей задачей астрономии первых десятилетий XIX в. оставалось определение точных положений светил. Под воздействием этой целевой установки фор-

мировалась инструментальная база большинства европейских обсерваторий того времени. Главными приборами были «неподвижные» меридианные инструменты (пассажный, вертикальный круг⁴, позже — меридианный круг), служившие для абсолютных определений координат светил, а также «подвижный» телескоп-рефрактор с микрометром для точных дифференциальных измерений малых углов. С помощью рефрактора определялись положения спутников планет, двойных звезд, наблюдались кометы и астероиды. Эта тенденция отразилась как в первоначальном оснащении Кенигсбергской обсерватории, так и в последующих приобретениях Бесселя.

Основу инструментальной базы новой обсерватории в первые годы ее существования составили приборы, принадлежавшие прежде графу Фридриху фон Гану, владельцу обсерватории в Ремплине (Мекленбург). Обсерватория Гана была одной из лучших в Европе. Благодаря стараниям И. Э. Боде, большая часть инструментов Гана после его смерти была приобретена в 1809 г. для Кенигсберга. За эти инструменты из отпущенной королем суммы было выплачено 2065 фридрихсдоров [235, с. 92—93]. Упакованные в ящики, приборы прибыли водным путем из Ростка в Кенигсберг осенью 1810 г., когда строительство обсерватории еще не начиналось. Бессель желал получить их как можно раньше, чтобы учесть особенности инструментов в проекте обсерватории. Из наследия Гана Бессель получил семь лучших инструментов: пассажный инструмент Доллонда, вертикальный круг Кери, маятниковые часы Репсольда, экваториал Доллонда, кометоискатель — короткофокусный телескоп с большим полем зрения, два зеркальных секстанта.

Кроме инструментов Гана Бессель приобрел в 1810 г. еще часы Клиндворта, имевшие, однако, существенный дефект, сводивший на нет действие 9-стержневой системы температурной компенсации [96, с. 132]. Бессель сам выявил и устранил этот дефект. И еще один инструмент появился в обсерватории благодаря предприимчивости ее директора. В одной местной библиотеке Бессель обнаружил старую, запыленную 7-футовую трубу с ахроматическим объективом Доллонда. Про-

⁴ Конструкция вертикальных кругов того времени позволяла использовать их и для наблюдений вне меридиана.

никшая между линзами объектива влага сделала его почти непрозрачным. Бессель разобрал объектив, отполировал линзы, прочистил все устройство и получил таким образом еще один инструмент для своей обсерватории [94, с. 253—254].

Три первых прибора приведенного списка стали основными инструментальными средствами новой обсерватории. Они были установлены в западном, меридианном, зале.

Пассажный инструмент имел ахроматический объектив с отверстием $D=2,7$ дюйма (6,56 см) и фокусным расстоянием $f=4$ фута (125,5 см)⁵. В телескоп можно было наблюдать звезды до 9,5 звездной величины. Прямая труба поворачивалась вокруг горизонтальной оси длиной 3,5 фута, в фокусе помещалась сетка из одной горизонтальной и трех вертикальных нитей. Лагеры инструмента покоились на двух массивных гранитных столбах, не соприкасавшихся с полом зала и изолированных от фундамента здания. Размеры столбов: высота — 70 английских дюймов, ширина — 24,5 дюйма, толщина — 15 дюймов⁶.

Западнее пассажного инструмента на цилиндрическом гранитном столбе высотой 38 и диаметром 30,5 английских дюймов был установлен вертикальный круг Кери — инструмент для измерения зенитных расстояний светил. Этот прибор с азимутальной установкой позволял вести наблюдения в любом вертикале. Азимут поворота можно было отсчитать по горизонтальному кругу диаметром 24 прусских дюйма. Телескоп инструмента с f , равным 33 прусским дюймам, и двухдюймовым отверстием жестко скреплялся с разделенным через 5' вертикальным кругом диаметром 25 дюймов. Горизонтальная ось опиралась на лагеры, поддерживаемые на высоте 20 дюймов над азимутальным кругом четырьмя вертикальными трубчатыми опорами высотой 38 дюймов [10, с. VI]. Для контроля установки инструмента использовались уровень и отвес. Отсчеты на круге снимались с помощью двух микроскопов. Прохождение светила через меридиан наблюдалось в двух положениях инструмента: сначала до меридиана, затем после поворота трубы с вертикальным кругом

⁵ Здесь размеры даны в прусских единицах; 1 прус. фут = 31,385 см, 1 прус. дюйм = 2,615 см.

⁶ 1 англ. дюйм = 2,540 см.

на 180° около вертикальной оси и перевода трубы через зенит отсчеты повторялись после меридиана. В поле зрения трубы помещалась сетка из 5 вертикальных и 3 горизонтальных нитей.

Бессель поначалу был очень доволен этими приборами. «Мой 4-футовый пассажный инструмент по конструкции и исполнению, пожалуй, один из лучших современных инструментов, — писал он Гауссу, — и 25-дюймовый круг Кери по своей надежности, устройству и градуировке не оставляет желать ничего лучшего» [96, с. 181].

Третьим прибором, помещенным в меридианном зале, были маятниковые часы Репсольда — главные часы обсерватории. Маятник со свободным подвесом имел систему температурной компенсации из цинка и стали. Часы крепились к гранитному столбу высотой 81, шириной 19,5 и толщиной 15,5 дюйма, установленному к югу от пассажного инструмента и вертикального круга ⁷.

В южном и северном залах обсерватории разместились инструменты для наблюдений вне меридиана: «экваториал Доллонда с $f=41,85$ см и $D=5,23$ см и кометоискатель с $f=62$ см и $D=7,85$ см» [143, с. 26].

Наблюдением на пассажном инструменте Доллонда верхней кульминации Полярной 12 ноября 1813 г. были вписаны первые строки в многотомную летопись наблюдений Кенигсбергской обсерватории. Можно вообразить себе радость молодого, энергичного, влюбленного в астрономию ученого, когда, преодолев бесчисленные препятствия, он получил в свое полное распоряжение новую, прекрасно оснащенную обсерваторию. В письме к Б. А. Линденау, написанном спустя 10 дней после открытия обсерватории, Бессель восторженно говорит о «том счастье, которое он испытывает, заведая таким великолепным, полностью удовлетворяющим его желания учреждением» [8, АЗ, с. 296]. Бессель хотел, чтобы об открытии новой обсерватории узнала астрономическая общественность. «Вы окажете мне любезность, — писал он в том же письме, — если сообщите читателям Ваших „Ежемесячных корреспонденций“ о постройке моей обсерватории. А в дальнейшем это учреждение само создаст о себе память, и я верю, что не только друзьям астрономии, но и всем, кто интере-

⁷ Столб сохранился на месте обсерватории доныне.

Astronomische
Beobachtungen

der Königl. Universitäts Sternwarte

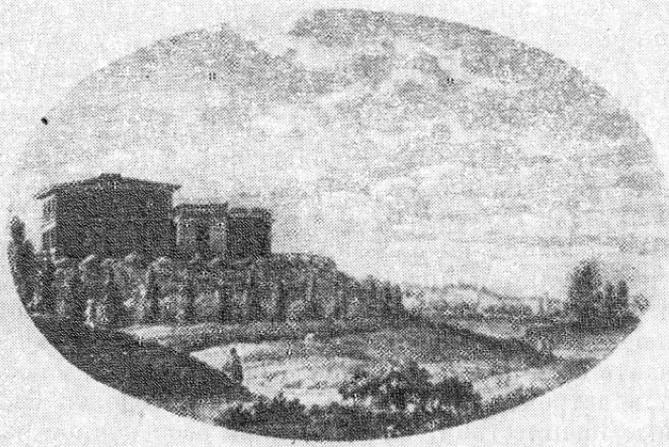
Königsberg,

F. W. Bessel,

Prof. der Astronomie und Mitglied des Akademien von Berlin, Paderborn u. Lpz.

Erste Abtheilung,

Vom 22. November 1813. bis 31. December 1814.



Königsberg,
bei Friedrich Neumann.
1815.

Титульный лист первого тома
«Наблюдений Кенигсбергской обсерватории»,
1815 г.

суется наукой, будет приятно сознавать себя в такие времена, как наши, свидетелями рождения заведения, на создание которого не жалели ни средств, ни усилий» [8, АЗ, с. 297].

В последующие годы, благодаря усилиям Бесселя, инструментальные средства обсерватории обновлялись и совершенствовались. С каждым из вновь установленных инструментов связывался определенный круг задач. «Первое поколение» меридианных инструментов Гана сменил в 1819 г. меридианный круг Рейхенбаха; в 1829 г. начались наблюдения на гелиометре Фраунгофера, в 1841 г. был установлен меридианный круг Репсольда. На этих инструментах Бессель выполнил важнейшие исследования, прославившие его обсерваторию.

Однако астрономическая обсерватория — это не только инструменты для наблюдений: работа астронома немислима без постоянного обращения к книге, будь то астрономический ежегодник, звездный каталог, математический справочник, труды других обсерваторий или таблицы для вычислений. Астроному в его научной работе приходится обращаться не только к этим источникам «повседневного спроса»: он должен читать научную периодику и монографическую литературу по своей специальности и по сопредельным с нею областям знания, должен иметь представление об истории своей науки, расширять свою эрудицию. Поэтому неотъемлемой частью каждой обсерватории является ее библиотека. Книжное же собрание Кенигсбергской обсерватории первых десятилетий ее существования тем более интересно, что оно полностью комплектовалось самим Бесселем и потому может дополнить характеристику научной индивидуальности астронома⁸.

При жизни Бесселя, несмотря на значительный книжный фонд библиотеки, она не имела каталога: Бессель, досконально знавший свое собрание, хорошо ориентировался в нем без каких-либо указателей. Необходимость в каталоге возникла после смерти ученого, и список книг был составлен в 1851 г. астрономом М. Вихманом по поручению преемника Бесселя на директорском посту А. Л. Буша. В 1852 г. каталог, содержащий 1738 наименований, был издан приложением к 25 тому «Наблюдений Кенигсбергской обсерватории» [140], и именно это издание послужило источником сведений о книжном фонде бесселевской библиотеки. Каталог включал также незначительное число книг,

⁸ Приведенные ниже сведения о библиотеке Бесселя почерпнуты из статьи Д. Б. Хермана [144].

поступивших после смерти Бесселя. Часть изданий была представлена в библиотеке более чем одним экземпляром, вследствие чего общее количество книг составило 2650. Для того времени это был весьма солидный книжный фонд. Для сравнения скажем, что библиотека основанной двумя десятилетиями раньше Дерптской обсерватории в России имела к 1846 г. (год смерти Бесселя) 2066 томов, а библиотека К. Ф. Гаусса — 2500 томов. И лишь собрания библиофилов-современников были значительнее по объему.

Выполненный Д. Херрманом количественный анализ распределения книг по областям знаний в соответствии с систематизацией Вихмана выявил, что книги по астрономии, математике, геодезии и географии составляют 70,3 % наименований. Эти данные относятся только к изданиям, поступившим при жизни Бесселя. Об абсолютном и относительном распределении книг по отраслям знаний в бесселевской библиотеке можно судить по данным следующей таблицы:

Раздел науки	Число книг	Процент от общего числа наименований
Астрономия	680	42,5
Математика	256	16,0
Геодезия, география	189	11,8
Земной магнетизм и метеорология	98	6,1
Физика, химия и т. п.	144	9,0
Общее естествознание, философия	25	1,6
История науки	85	5,3
Художественная литература	33	2,0
Разное	37	2,3
Карты земли и неба	33	2,0
Дополнения	20	1,3
Итого	1600	100,0 %

Тематическая структура книжного фонда четко отражает назначение библиотеки и научные интересы комплектовавшего ее ученого. Обращает на себя внимание относительно большая доля книг по истории науки. Основную массу книг библиотеки составили современные Бесселю издания: 60 % их вышли при его жизни, 51 % — в период его научной деятельности (1804—1846). Полностью представлены все важнейшие

периодические научные издания, выходившие при жизни астронома («Всеобщие географические эфемериды», «Журнал теоретической и прикладной математики», «Ежемесячные корреспонденции» (с указателем), «Журнал по астрономии и родственным наукам», «Астрономические известия»), астрономические ежегодники и эфемериды, а также почти все известные каталоги звезд, включая и такие редкие, как каталоги Я. Гевелия 1699 г. и Дж. Флемстида 1690 г. Благодаря стараниям Бесселя книжное собрание обсерватории украсили книги, уже тогда бывшие библиографической редкостью: «О вращениях небесных сфер» Н. Коперника (1-е изд. 1543); «Рудольфинские таблицы» (1627) И. Кеплера; «О недавних явлениях в эфирной области. Книга вторая» (1610) Т. Браге; «Система космоса» (1641) Г. Галилея; «Омега varia» (1724) и «Омега reliquia» (1728) Х. Гюйгенса; «Небесная машина» (1678, 1679) Я. Гевелия; «Математические начала натуральной философии» (1713) И. Ньютона, а также книги Т. Майера, Л. Эйлера, Ж. Л. Лагранжа и другие издания.

Таким образом, библиотека Бесселя, служившая ему наряду с астрономическими приборами инструментом научных исследований, была образцовым книжным собранием подобного рода и свидетельством глубины и разносторонности научных интересов ее собирателя.

Глава 4

Годы зрелости

Бессель приехал в Кенигсберг, будучи известным ученым со сформировавшейся областью интересов и с достаточно ясным представлением о тех задачах, которыми он займется в своей обсерватории. Кенигсбергские десятилетия — пора жизненной и научной зрелости астронома, когда ясно виделись цели, когда ушли в прошлое сомнения о правильности выбора жизненного пути и когда нелегкий повседневный труд вознаграждал Бесселя обильными плодами. Судьба одарила его счастливой возможностью посвятить всю жизнь любимому делу. Он построил обсерваторию по своему разумению, в соответствии с его замыслами совершенствовалась в дальнейшем ее инструментальная база, он пользовался свободой выбора предмета и методов исследований.

Труд ученого составлял главное содержание его жизни. Но Бессель не был ни кабинетным профессором в науке, ни педантом в повседневности. В значительной мере его достижениям в научной области способствовала та атмосфера взаимной доброжелательности, которую неизменно формировала среди окружавших его людей могучая личность Бесселя. Он имел близких друзей, многочисленных коллег и корреспондентов, был глубоко почитаем учениками. Он был счастлив в семье, в которой всегда находил отдохновение и любовь.

Семья

Добрым другом Бесселя и его надежной опорой в первые кенигсбергские годы была частица родительского дома — сестра Амалия. «Мои домашние отношения складываются так, как я этого желаю: сестра и я созданы друг для друга, поскольку наши желания так часто идут одной дорогой», — писал Бессель Гауссу [96, с. 124]. Амалия оставалась в доме брата и после его женитьбы. Когда в мае 1821 г. она скончалась, Бессель

очень тяжело переживал утрату своей «верной спутницы на многих дорогах» [150, с. 189]. Но тогда он уже не был одиноким, так как без малого 10 лет имел собственную семью.

В 1811 г. Бессель почувствовал сердечную склонность к юной Иоганне Гаген и весной 1812 г. был с ней помолвлен. 26 марта он писал Гауссу: «Несколько дней назад я обручился с милой девушкой — дочерью известного химика и естествоиспытателя профессора Гагена, человека, чья честность снискала ему большое уважение во всей стране. Моя невеста полна сердечности и одухотворения, красива, молода, образованна — короче, такова, какую я всегда желал бы для себя» [96, с. 167]. Осенью 1812 г. состоялось бракосочетание Бесселя с Иоганной Гаген, положившее начало их долгой и счастливой совместной жизни. Женитьба еще теснее сблизила Бесселя с отцом Иоганны К. Г. Гагеном, старейшим университетским профессором, чьим отеческим покровительством пользовались многие молодые ученые, не исключая Бесселя. К. М. Бэр так характеризует этого человека: «Единственным представителем естествознания в Кенигсбергском университете был в течение долгого времени Карл Готфрид Гаген, читавший до самой смерти (1829 г.) лекции сперва по физике, минералогии, ботанике и зоологии, а потом по химии и фармации и имевший самостоятельные работы по этим дисциплинам» [173, с. 246]. По словам Бэра, «этот благородный человек был центром всеобщего внимания и уважения» [173, с. 252]. К характеристике профессора Гагена можно добавить еще один штрих: в 1778 г. он открыл в Кенигсберге на собственные средства первую в истории немецких университетов фармацевтическую лабораторию [245, с. 26], а в 1811 г. благодаря его усилиям старый парк у подножия холма Буттерберг, где строилась обсерватория, был преобразован в университетский Ботанический сад [245, с. 32], существующий и поныне ¹.

Бессель имел двух сыновей и трех дочерей, однако сыновьям не суждено было пережить отца: младший умер в раннем возрасте, старший ушел из жизни в расцвете сил. Знаменитый астроном был примерным семьянином — мужем и отцом. Свое свободное время он охотнее всего проводил в кругу семьи. Современники

¹ Калининградская областная станция юных натуралистов.

Бесселя, близко общавшиеся с ним, отмечали необычайно сердечную атмосферу в его семье. А. Репсольд, например, работавший в 1841 г. в Кенигсбергской обсерватории на установке нового меридианного круга, писал своей жене: «В доме Бесселя царит такая удивительно уютная жизнь, которую, пожалуй, нигде больше не найти» [150, с. 210]. Бессель имел «золотые руки», и среди многих важных и неотложных дел он всегда находил время, чтобы собственноручно смастерить детям игрушки к рождественским праздникам. К этому занятию он относился с той же тщательностью, как к своим научным исследованиям, и был поистине счастлив, когда видел радость и благодарность детей.

Со своим первенцем Вильгельмом, родившимся 16 июня 1814 г., отец связывал большие надежды и ожидал, что сын посвятит себя науке. Заметив у мальчика склонность к механике, Бессель приобрел для сына токарный станок и всячески поощрял его самостоятельные занятия. Отец был безмерно рад, когда Вильгельм смастерил часы с маятником, и притом настолько удачно, что часы действительно ходили. Бессель находил особое удовлетворение в ежедневном ритуале сверки часов сына с главными часами обсерватории. В юности у Вильгельма проявились математические способности, и он слушал лекции по математике в университете своего города. В 1835 г. он опубликовал в «Астрономических известиях» работу об элементах орбиты кометы Богуславского. Однако юноша не пожелал быть математиком или астрономом: он уехал в Берлин, чтобы учиться там архитектуре.

Летом 1840 г. в обсерватории начались работы по перестройке меридианного зала и сооружению опор для заказанного у Репсольдов нового меридианного круга. Вильгельм Бессель, только что блестяще сдавший в Берлине экзамен по строительному делу, приехал ненадолго к родителям и сразу включился в строительные работы. Он также набросал эскизы ряда приспособлений, облегчающих труд наблюдателя. Отец гордился успехами сына. Вскоре Вильгельм уехал в Берлин для продолжения учебы, а в октябре от проживавших там родственников пришло известие, что он серьезно болен нервной лихорадкой. Затем родители получили сообщение о некотором улучшении состояния больного, но вслед за этим болезнь резко обострилась, и 26 октября 1840 г. Вильгельм умер.

Страшная весть о смерти сына стала самым сильным потрясением в жизни Бесселя. Горе отца было безмерным. Он сник, потускнел, целыми часами не произносил ни слова. «Потерю единственного сына, — писал он 16 января 1841 г. в одном из писем Ангеру, — так блестяще начинавшего, очень тяжело пережить. Но это нужно перенести. Как охотно отдал бы я те несколько лет, которые мне осталось прожить, чтобы выменять за них для моего дорогого Вильгельма причитавшиеся ему 40 или 50 лет! Я пытаюсь забытья в работе и чувствую себя уже более способным к ней. Мое здоровье сносно; большего я и не желаю, так как уже привык довольствоваться малым» [97, с. 44].

И все же это тяжкое испытание не надломило дух Бесселя. Самым целительным средством для его страдающей души был труд. Но если у телескопа он всегда чувствовал себя лучше, то в тиши кабинета, где он оставался наедине с собой, горестные мысли овладевали им снова и снова. Он боялся каждого пасмурного дня, вынуждавшего прерывать наблюдения. Некоторую поддержку в горе Бессель находил в сочувствии близких, коллег по университету, короля. По предложению короля Фридриха Вильгельма IV он отправился летом 1842 г. в Англию и Францию, и эта поездка благотворно повлияла на его состояние.

Несмотря на то, что Бессель лишился прямых наследников по мужской линии, его фамилия сохранилась в потомках, так как по его желанию старшие сыновья в семьях дочерей Бесселя получали фамилию деда. Старшая дочь астронома Мария Бессель в 1834 г. вышла замуж за Г. А. Эрмана, физика из Берлина. Вторая дочь, Элиза, сочеталась браком в 1844 г. с консулом Л. Лорком, молодым человеком из кенигсбергской семьи, с которой Бессель был близко дружен. Младшая дочь Иоганна вышла замуж за члена Берлинской мэрии Гагена. У Бесселя было много внуков.

Супруга астронома Иоганна Бессель пережила мужа почти на 40 лет и даже была почетным гостем на праздновании 100-летия ученого в Кенигсберге в 1884 г. [141, с. 23]. Она умерла в 1885 г. в возрасте 91 года и была погребена рядом с мужем.

Ученики и помощники

С Кенигсбергским университетом связаны три с половиной десятилетия научной и педагогической деятельности Бесселя. Годы работы профессора Бесселя в этом заведении были временем роста научного авторитета университета, особенно в области математики, астрономии и медицины. В первые десятилетия XIX в. сюда были привлечены свежие научные силы: ботаник и зоолог А. Ф. Швейггер — первый директор Ботанического сада, физиолог К. Ф. Бурдах, географ и статистик А. Х. Гаспари, зоолог и естествоиспытатель К. М. Бэр. Позже, в 1826 г., в Кенигсберг приехали математик К. Г. Я. Якоби и физик и минералог Ф. Э. Нейман.

Педагогическая деятельность Бесселя в университете носила двоякий характер: во-первых, это были аудиторные занятия по астрономии и математике с большим числом слушателей; во-вторых, он работал индивидуально с несколькими студентами, решившими посвятить себя астрономии. Лекции Бесселя, не стесненные текстом конспекта, от которого он отказался уже в первый год работы, производили впечатление свободного общения с аудиторией. Один из его учеников, К. Т. Ангер, так характеризует Бесселя-педагога: «Он обладает редким искусством воспитывать учеников, давая им астрономические задания и рекомендации к их выполнению и следя с постоянным участием за их работой. Так пробуждается интерес к науке, требующий постоянного пополнения знаний, а заинтересованность в конечном результате не дает угаснуть познавательной деятельности. Позже этот замечательный метод стал приниматься другими преподавателями смежных дисциплин в Альбертине², и, насколько мне известно, не без успеха. Следует еще упомянуть о том, что лекции для большого числа слушателей чередовались часто с вопросами и заданиями, на которые принято было отвечать устно или письменно, что придавало занятиям особую привлекательность в глазах слушателей» [135, с. 12]. Приведенный фрагмент свидетельствует о том, что Бессель успешно решал задачу обратной связи с аудиторией, а сам метод обучения был очень близок к проблемному, так настоятельно рекомендуемому современной педагогикой!

² Популярное название Кенигсбергского университета.

ORDINIS PHILOSOPHORUM.

Professores ordinarii.

FRIDR. GUIL. BESSEL, M.

I. Publ. Determinationem longitudinum et latitudinum geographicam quat. dd. h. I. tradet.

II. Priv. Mechanicam analyticam quat. dd. h. IX. docebit.

PETRUS A. BOHLEN, M.

I. Publ. 1. Elementa linguae arabicae bin. dd. h. const. docebit.

2. Elementa linguae Sanscritae bin. dd. h. const. tradet.

3. His, qui in his linguis jam magis exercitati sunt, locos difficiliores bin. dd. h. cons. interpretabitur.

II. Priv. Canticum canticorum et librum Koheleth bin. dd. h. XII. explicabit.

GUIL. CAR. DRUMANN, M.

I. Publ. Historiam Graecorum quat. dd. h. XI. tradet.

II. Priv. Historiam culturae humanae quat. dd. h. X. enarrabit.

Фрагмент «Указателя лекций» философского факультета на весенний семестр 1831 г.

Лекции Бесселя:

- I. Определение географической долготы и широты
 - II. Аналитическая механика
- Калининградский областной историко-художественный музей**

По воспоминаниям Ангера [135, с. 15], Бесселя нередко можно было видеть в окружении учеников с лопатой в саду, посаженном вокруг обсерватории руками ее директора. Бесселю нравилось беседовать с учениками за физической работой на воздухе, отвечать на их вопросы, выслушивать их сообщения о проделанном. Он искреннее радовался каждому, пусть даже незначительному, достижению своих учеников.

Студенты-астрономы принимали самое непосредственное участие в деятельности обсерватории, выполняя наблюдательные и вычислительные работы и тем оказывая посильную помощь Бесселю. А помощь не щадившему себя астроному была очень нужна. «Трудитесь умеренно, мой дорогой друг, — писал ему в 1816 г. заботливый Ольберс. — При таком напряжении, как у Вас, в самом деле невозможно долго выдерживать. Сохраните себя для науки, своей семьи, своих друзей. Желаю Вам скорее найти толкового помощника, который бы облегчил немного Ваш труд» [94, т. 2, с. 24].

Надежным помощником Бесселю стал Фридрих Вильгельм Август Аргеландер, уроженец г. Мемеля (ныне Клайпеда), поступивший в 1817 г. в Кенигсбергский университет, чтобы постигнуть экономические и юридические науки. Однако под влиянием личности и лекций Бесселя он настолько увлекся астрономией, что решил сделать ее своей профессией. Бессель оценил

способности и целеустремленность своего ученика и нередко доверял ему серьезные вычислительные работы, а также самостоятельные наблюдения, к которым Аргеландер питал особую склонность. В 1820 г. молодой астроном начал работать в обсерватории как ассистент Бесселя, а в 1822 г., защитив диссертацию о наблюдениях Флемстида и представив работу об орбите большой кометы 1811 г., он получил право преподавания в университете. Аргеландер оказал большую помощь Бесселю в выполнении зонных наблюдений (см. гл. 7). Эту работу по определению положений большого числа звезд он продолжил в Або (Финляндия), где с 1823 г. занимал пост директора обсерватории, а затем в Бонне, куда он приехал в 1837 г., чтобы, подобно Бесселю, руководить постройкой новой обсерватории, а затем возглавить ее. Наиболее значительные работы Аргеландера боннского периода — атлас и каталог всех звезд, видимых невооруженным глазом, — «Новая уранометрия», а также составленный под его руководством и при его участии монументальный каталог 324 198 звезд «Боннское обозрение».

В 1819 г. помощником Бесселя в обсерватории был также Готгильф Гаген, племянник К. Г. Гагена, ставший впоследствии специалистом по строительству. В этом качестве он оказал Бесселю большую помощь в реконструкции западного крыла обсерватории перед установкой меридианного круга Рейхенбаха. Вместе с тем Г. Гаген занимался прикладной математикой и даже издал в 1837 г. первый немецкий учебник по теории вероятностей, в котором изложил способ наименьших квадратов на основе Бесселевых принципов.

После отъезда Аргеландера в Або его место в 1823 г. занял О. А. Розенбергер, работавший у Бесселя вместе с Г. Ф. Шерком до 1826 г., когда оба астронома были отозваны в Галле.

В эти же годы (1824—1825) в обсерватории работал К. А. Штейнхель, талантливый изобретатель, в будущем (1855) основатель оптического института в Мюнхене. По поручению Бесселя он изготовил на материале части зонных наблюдений пробную звездную карту шириной в один час по прямому восхождению в зоне от -15° до $+15^\circ$ по склонению. Этот лист был послан Бесселем в Берлинскую Академию с предложением издать такие карты на все 24 часа прямого восхождения. Академия одобрила идею создания карт и согласи-

лась взять на себя этот труд, однако выполнение задуманного предприятия растянулось на многие годы.

В 1827—1831 гг. учеником и помощником Бесселя был упомянутый уже К. Т. Ангер из Гданьска (Данцига), уехавший после обучения в родной город и ставший там астрономом Гданьского общества естествоиспытателей. Ангер написал воспоминания о своем учителе [135], ценные прежде всего тем, что они составлены человеком, близко знавшим Бесселя, видевшим его и за работой, и в семейном кругу, и на отдыхе.

У Бесселя обучался и работал в 1833—1834 гг. приехавший из Гамбурга по рекомендации Г. Шумахера астроном Х. А. Ф. Петерс. Петерс не имел специального образования: астрономию и математику он постигал самостоятельно, однако трудолюбие и упорство в работе, а также помощь Бесселя и Якоби помогли ему добиться больших успехов в науке. В конце 1833 г. он получил степень доктора философии в Кенигсберге и позже возвратился в Гамбург. Когда в России в 1839 г. открылась Пулковская обсерватория, Петерс был приглашен туда в качестве помощника главного наблюдателя В. Я. Струве — основателя обсерватории. Работы Петерса в Пулкове были связаны в основном со звездной астрономией (он, в частности, определил параллаксы 8 звезд). Кроме того, он выполнил исследования ряда инструментов, в том числе Пулковского вертикального круга Эртеля, а также с большой точностью (9", 22) вывел в 1842 г. постоянную нутации. Петерс положил начало пулковским исследованиям изменчивости широты. В 1849 г. он вновь приехал в Кенигсберг, где занял кафедру астрономии в университете и работал в обсерватории. В 1854 г. Петерс перешел в Альтону, возглавил там обсерваторию и стал издателем «Астрономических известий». В Альтоне он применил входивший тогда в употребление электрический телеграф для определения географических долгот ряда пунктов.

В последние годы жизни Бесселя его учениками и помощниками были молодые астрономы Ф. В. Флеминг, Г. Шлютер и М. Л. Вихман. После смерти Бесселя (1846) обсерваторию возглавил работавший в ней наблюдателем А. Л. Буш.

Бессель пользовался чрезвычайно высоким авторитетом не только в Германии, но и далеко за ее пределами. Движимые желанием поучиться у знаменитого

мастера искусству наблюдений и их обработки, услышать его мнение о тех или иных проблемах науки, да и просто познакомиться с выдающимся ученым и его обсерваторией, в Кенигсберг стремились астрономы и из других стран. Так, в 1835 г. у Бесселя совершенствовался в астрономии обучавшийся прежде в Краковском и Варшавском университетах польский астроном Ян Барановский, впоследствии (1848—1869 гг.) директор Варшавской обсерватории. Барановский впервые перевел на польский язык с латыни и снабдил обширным комментарием знаменитую книгу Н. Коперника «О вращениях небесных сфер» (1854). В 40-х годах XIX в. в ряде европейских обсерваторий стажировался американский астроном Б. А. Гулд, основавший в 1849 г. «Astronomical Journal». Некоторое время Гулд работал у Бесселя в Кенигсберге и у Аргеландера в Бонне. За обширные астрономические исследования в Америке, результатом которых стали несколько монументальных звездных каталогов, а также за определение разности долгот ряда европейских и американских обсерваторий с помощью трансатлантического кабеля Гулд был прозван «американским Бесселем». Гулд посетил также Пулковскую обсерваторию в России, и именно он впервые назвал ее «астрономической столицей мира». Среди учеников и стажеров Бесселя были и астрономы из России (об этом речь пойдет в гл. 5).

Заслуживает внимания один эпизод, свидетельствующий о том, что широкая известность имени Бесселя иногда использовалась для целей, далеких от науки. После подавления польского восстания 1831 г. революционные силы Польши рассеялись в эмиграции или ушли в подполье. В Кенигсберге образовались кружки революционно настроенной польской молодежи, объединившие студентов, ремесленников, людей иных сословий. В мае 1845 г. сюда приехал из Познани для установления связи представитель познанского подполья М. Сломчевский. Из соображений конспирации он объявил, что цель его приезда — «слушать лекции Розенкранца, Бесселя и Якоби» [2 33, с. 353].

Ученики Бесселя способствовали широкому распространению передовых идей и методов своего знаменитого учителя во многих университетах и обсерваториях.

Университетские коллеги

Благодаря мягкому и доброжелательному отношению к людям, Бессель всегда имел дружеское окружение в университете. Одним из коллег, с которыми его связывали приятельские отношения, был зоолог Карл Эрнст (в России — Карл Максимович) Бэр. Уроженец Эстляндии, Бэр в 1817 г. приехал из России в Кенигсберг, где занял должность прозектора на медицинском факультете. Поселившись в здании хирургической клиники вблизи обсерватории, Бэр стал соседом Бесселя, а место службы молодого прозектора — анатомический институт — располагалось у северо-восточного склона холма Буттерберг совсем рядом с обсерваторией. Бэр проработал здесь с небольшими перерывами 17 лет и за эти годы сдружился со своим старшим коллегой Бесселем. Их отношения стали особенно тесными после женитьбы Бэра в 1819 г., так как теперь ученые дружили семьями. Бэр, всегда считавший своим отечеством Россию, не оставлял мысли возвратиться на родину, однако осуществлению этого желания противилось его домашнее окружение, и прежде всего жена Бэра Августа Медем, уроженка Кенигсберга. Примечательно, что, стремясь отговорить мужа от возвращения в Россию, супруга Бэра ссылалась на авторитет Бесселя, также полагавшего, что Бэру лучше остаться в Кенигсберге [213, с. 159]. И все же в 1834 г. Бэр возвратился на родину.

Бесселя связывали с Бэром не только личные дружеские отношения, но и совместная деятельность на общественном поприще: оба состояли членами Кенигсбергского физико-экономического общества, занимавшегося популяризацией естественнонаучных и экономических знаний. После смерти в 1829 г. председателя общества К. Г. Гагена оно фактически перестало существовать. Упадку общества способствовали и низкий научный уровень докладов, которые читались на собраниях, и устаревший устав, по которому присутствовать на заседаниях разрешалось только членам общества. В 1831 г. председателем Физико-экономического общества был избран Бэр, и его усилиями — не без сопротивления части членов — было принято решение открыть доступ на доклады всем желающим. В январе 1832 г. состоялось первое открытое заседание. «В моей вступительной речи, — вспоминал Бэр, — я не мог



К. М. Бэр

учные вопросы не следует освещать в популярном изложении для широкой публики. Вообще он вначале был склонен к оппозиции в этом деле, но потом его взгляды, кажется, изменились, и он впоследствии сам выпустил сборник своих докладов³. Между прочим, он внес предложение, чтобы члены общества после публичных докладов собирались в ресторане. Остроумный и приятный Бессель был здесь душой общества. Воспоминания об этих вечерах оставили у всех участников самые приятные чувства» [173, с. 377—378].

Бессель читал публичные лекции почти ежегодно в течение 12 лет. В этих чтениях нашли систематическое изложение его взгляды на многие вопросы астрономии. На торжественном заседании Физико-экономического общества, посвященном 100-летию Бесселя в 1884 г., были приведены следующие, сохранившиеся в протоколах сведения о его выступлениях в обществе [141, с. 3—4]⁴:

³ Бессель намеревался на основе своих докладов написать популярную книгу по астрономии, однако не успел этого сделать. В 1848 г., после смерти Бесселя, 15 его статей были изданы в Гамбурге Г. Шумахером [90].

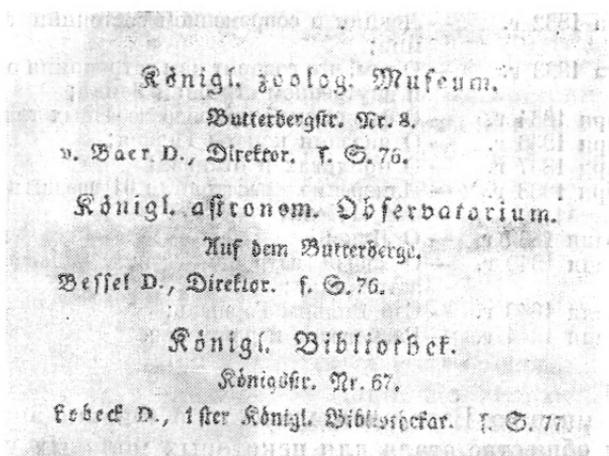
⁴ В изданные Г. Шумахером «Популярные чтения. . .» сверх перечисленных докладов (исключен лишь доклад «Сэр В. Гер-

- 7 марта 1832 г. — Лекция о современном состоянии астрономии;
- 1 марта 1833 г. — О том, что говорит нам астрономия о фигуре и внутреннем строении Земли;
- 17 января 1834 г. — О физической природе небесных тел;
- 29 января 1836 г. — О явлении кометы Галлея;
- 6 января 1837 г. — О приливах и отливах;
- 2 ноября 1838 г. — Измерение расстояния 61 звезды в созвездии Лебедя;
- 19 февраля 1839 г. — О Луне;
- 28 февраля 1840 г. — О связи астрономических наблюдений и астрономии;
- 10 февраля 1843 г. — Сэр Вильям Гершель;
- 6 февраля 1844 г. — Равновесие и движение.

По мнению Бэра, деятельность в Физико-экономическом обществе стала для некоторых молодых ученых «началом вступления в общественную жизнь» [173, с. 377]. Среди них он называет и Карла Якоби — замечательного математика, «давшего начало математическим традициям Кенигсберга» [215, с. 249]. К. Якоби приехал в Кенигсберг весной 1826 г. из Берлина, где, защитив диссертацию, получил степень доктора философии. Якоби познакомился с Бесселем и нашел в нем глубокого и заинтересованного собеседника по научным вопросам. О благотворном влиянии своего старшего коллеги Якоби впоследствии не раз вспоминал с благодарностью.

Все 17 лет работы в Кенигсберге Якоби трудился рядом с Бесселем на философском факультете. Эти годы были исключительно плодотворными в научном творчестве Якоби: тогда он создал теорию эллиптических функций, выполнил исследования в вариационном исчислении и в аналитической механике, исследовал свойства функциональных определителей, получивших название якобианов. Математик Якоби живо интересовался также проблемами астрономии и геодезии, что также сближало его с Бесселем. «С Якоби-младшим я часто встречался у Бесселя, тем более что меня интересовала и его научная деятельность. Якоби-старший принадлежал к более старому поколению» [173,

пель») включены следующие: «О комете Галлея», «О мере и весе вообще и о прусской линейной мере в особенности», «О магнетизме Земли», «О теории вероятностей», «Астрономические наблюдения», «Положения неподвижных звезд на небесной сфере».



**Фрагмент адресной книги 1832 г. с именами Бесселя и Бэра
Калининградский областной
историко-художественный музей**

с. 251], — вспоминал Бэр⁵. В 1838 г. Бесселя в очередной раз посетил В. Я. Струве, и К. Якоби воспользовался возможностью лично познакомиться с выдающимся астрономом из России.

Однажды Якоби предложил Бесселю оригинальные формулы для решения системы уравнений с тремя неизвестными способом наименьших квадратов. «Они показались мне столь замечательными, что я и спросил моего друга, профессора Якоби, разрешение сообщить их читателям журнала „Astronomische Nachrichten“ [114, с. 264], — писал Бessel в 17-м томе журнала в статье об этих формулах.

Вслед за К. Якоби в Кенигсберг приехал после учебы в Иенском и Берлинском университетах Франц Эрнст Нейман, сначала приват-доцент минералогии и физики, а затем (в 1828 г.) — экстраординарный профессор. Очень скоро Бessel и Нейман стали близкими друзьями. Нейман вошел в кружок молодых университет-

⁵ Якоби-старший — брат Карла Якоби, физик-изобретатель Морриц Якоби (1801—1874), называвшийся в России (куда он переехал в 1835 г.) русифицированным именем Борис Семенович Якоби. Известен изобретениями и исследованиями в области электромагнетизма и гальванопластики. Перед переездом в Россию М. Якоби работал в Кенигсберге. В комментарии к «Автобиографии» Бэра [173, с. 489] Якоби-младшим ошибочно назван М. Якоби, в то время как Бэр пишет о К. Якоби.

ских профессоров, собиравшихся по четвергам в доме Гагена, чтобы отдохнуть и развлечься. Здесь Нейман познакомился с младшей дочерью Гагена Флорентиной, молодые люди полюбили друг друга и хотели пожениться. Однако из-за печальных событий — смерти К. Г. Гагена в 1829 г. и через несколько месяцев — его вдовы, матери Флорентины, — помолвка была отложена. После смерти супругов Гаген в их семье старшим остался Бессель, и к нему обратился Нейман с просьбой о руке Флорентины и благословении. Свадьба состоялась в апреле 1830 г. Счастливый брак Неймана оказался недолгим — Флорентина умерла в 1838 г., оставив пятерых детей в возрасте от пяти месяцев до шести лет. Горе Неймана было безграничным, и супруги Бессель старались поддержать его чем могли. Они взяли к себе на воспитание двух младших детей, и сестра умершей Иоганна Бессель заменила им мать. Жизненные испытания еще больше сблизили Бесселя и Неймана.

Замечательным явлением в истории физической науки стал физико-математический семинар, основанный Нейманом и Якоби в 1834 г. в Кенигсбергском университете. В деятельности семинара нашел отражение новый подход к физике, не отрицавший роли эксперимента, но основной упор делавший на математику как на исключительно мощный теоретический инструмент исследования. Студенты, занимавшиеся в семинаре Неймана — Якоби, сначала получали солидную подготовку по механике и математической физике и только после этого приступали к лабораторным исследованиям. Слушателям семинара читал лекции и Бессель [186].

Таким образом, в университете Бессель не испытывал недостатка в дружеских связях, но все же самые близкие его друзья, с которыми его связывало общее дело — астрономия — и которые не раз принимали деятельное участие в его судьбе, были далеко от Кенигсберга.

Друзья-астрономы.

Корреспонденты и коллеги за рубежом

За пределами семейного круга самым близким Бесселю человеком был Генрих Вильгельм Ольберс. Бессель постоянно ощущал его отеческую заботу, не раз прибегал к его мудрым советам как в научных вопросах, так и в житейских делах. Решившись на

переезд в Кенигсберг, Бессель с грустью думал о том, что не будет теперь рядом с ним той надежной опоры, которую он всегда имел в лице своего старшего друга. «Как часто воспоминание о Вас и Вашей безграничной доброте говорило мне, что наши контакты с Вами, мой благородный друг, являются моей самой насущной потребностью, — писал Бессель Ольберсу через месяц после отъезда из Лилиенталя. — Я смею питать надежду, что не исчезну совсем из Вашей памяти, и от этого горечь разлуки с Вами ощущаю лишь наполовину, и я все яснее чувствую, что Ваша дружба не оставит меня в одиночестве. Если бы можно было описать, какие чувства благодарности и дружбы обуревают меня теперь. . .» [94, с. 221]. В первом письме из Кенигсберга, написанном Бесселем 8 июля 1810 г., сквозит тот же самый мотив: «Горечь разлуки с Вами все больше дает о себе знать, ибо здесь мне так не хватает отеческого друга, каким Вы для меня были. По всякому поводу Ваш совет был для меня прибежищем, Ваш голос был для меня решающим, когда меня одолевали сомнения. Здесь, вдали от моего дорогого боготворимого Ольберса. . . я чувствую себя совершенно одиноким, как только представлю, какой опоры я лишен» [94, с. 228]. Подобные же чувства испытывает и Ольберс: «Вы не знаете, дорогой Бессель, как мне здесь не хватает Вас. . .» [94, с. 225], — писал он в Кенигсберг 31 мая 1810 г.

Переписка, длившаяся до самой смерти Ольберса ⁶, не теряла с годами своей теплоты, хотя выражение чувств со временем становилось более сдержанным. Своего старшего сына Бессель назвал в честь Ольберса Вильгельмом, и Ольберс был заочно назван крестным отцом мальчика. Ольберсу же была посвящена и одна из самых значительных работ Бесселя — книга «Основания астрономии».

Через Ольберса Бессель еще в Бремене познакомился и с Карлом Фридрихом Гауссом. Но если в отношениях Бесселя с Ольберсом глубокая личная приязнь и любовь к астрономии слились воедино, то в дружбе с Гауссом доминирующим был научный момент. Лич-

⁶ Переписка Бесселя с Ольберсом продолжалась с 1804 г. по 1839 г. и была издана в 2 томах в 1852 г. в Лейпциге [94]. Издание содержит 195 писем Бесселя Ольберсу и 168 писем Ольберса Бесселю.

ные контакты Бесселя с Гауссом были эпизодическими и довольно редкими: ученые всегда жили в разных городах, и при их занятости и известной трудности сообщений в то время они не могли встречаться так часто, как бы им хотелось. После упомянутых уже встреч Бесселя и Гаусса в Бремене и в Лилиентале, а затем в 1810 г. в Геттингене они не виделись в течение 15 лет.

В Кенигсберге Бесселя не покидало желание вновь посетить свою прежнюю родину, встретиться со старыми друзьями, навестить родителей. Однако в первые кенигсбергские годы он не хотел прерывать интенсивных наблюдений и оставлять обсерваторию без присмотра. И только летом 1819 г. нашлось наконец время для этой дальней поездки: с весны началась перестройка меридианного зала под новый меридианный круг Рейхенбаха, и наблюдения на старых инструментах — вертикальном круге Кери и пассажном инструменте Доллонда — были прекращены 28 мая 1819 г. [20]. Бессель поручил присмотр за строительными работами своему ученику Г. Гагену и вместе с женой, сестрой Амалией и пятилетним сыном Вильгельмом отправился в путь.

С первой поездкой в родные места связывались обширные планы: предполагалось навестить родителей в Миндене, погостить у Ольберса в Бремене, заехать к Гауссу в Геттинген и к Линденау в Готу, а на обратном пути посетить в Гамбурге Репсольда и в Альтоне Шумахера. Не все из намеченного удалось осуществить, но самой досадной неудачей Бессель считал несостоявшуюся встречу с Гауссом. Злой рок преследовал друзей в их искреннем и обоюдном желании увидеться после долгой разлуки. Когда Бессель, навестив Линденау в Готе и задержавшись у него дольше, чем предполагал, приехал затем 28 июня в Геттинген, он узнал, что утром этого же дня Гаусс отбыл в Лауенбург, где вместе с Шумахером занимался подготовкой к Ганноверскому градусному измерению. Расстроенный Бессель тешит себя надеждой, что Гаусс приедет в Бремен и они увидятся у Ольберса: «Если мне выпадет счастье и Вы измените на несколько дней свои планы, я буду рассчитывать на эту радость» [150, с. 185—186], — пишет он вслед Гауссу 30 июня и уезжает к родителям в Минден. Затем 21 июля Бессель приезжает в Бремен к Ольберсу, с которым не виделся 9 лет. Радость друзей была безграничной, и им очень хотелось разделить ее

с Гауссом. Однако Гаусс не смог приехать в Бремен, и Бессель с Ольберсом отправляются в Лауенбург в надежде застать его там. Друзья прибыли к месту 1 августа. Но и здесь Бесселя ожидало горькое разочарование: оказалось, что Гаусс еще недели две назад уехал домой в Геттинген. В Лауенбурге гостей сердечно принял Шумахер. В свою очередь, Гаусс надеялся, что Бессель заедет в Геттинген на обратном пути, но тот не решился на изменение намеченного маршрута, так как должен был еще посетить Гамбург.

Но все же поездка в Лауенбург имела и положительный итог: хотя Бессель и Шумахер поддерживали контакты уже около 10 лет, но именно с этой встречи между ними завязались по-настоящему дружеские отношения, окрепшие в последующие годы.

Визит в Гамбург оказался неудачным: Репсолда не было в городе, и Бессель отправился в обратный путь в Кенигсберг. 21 августа 1819 г. он уже был дома.

Между прочим, в Готе у Линденау Бессель познакомился с молодым ассистентом И. Ф. Энке, будущим директором Берлинской обсерватории, с которым уже два года состоял в переписке. В научных биографиях Бесселя и Энке было немало точек соприкосновения, но их отношения, поначалу вполне дружеские, сменились впоследствии отчуждением и неприятием друг друга. Встреча в Готе заслуживает внимания потому, что, сообщая о ней своему другу Герлингу, Энке описывает впечатление, произведенное на него Бесселем: «Визит Бесселя нас всех очень обрадовал. Он несколько выше меня, брюнет и полная противоположность тому, как я его себе представлял по его письмам, а именно: очень веселый и жизнерадостный, полный энергии в своей науке, которую он никогда не теряет из виду. В письмах он казался мне всегда сдержанным и официальным, в разговоре же он такой непосредственный, что испытываешь истинное удовольствие от возможности столь свободно и откровенно высказывать противоположное мнение» [150, с. 186].

Бессель, задумавший грандиозную программу зонных наблюдений на новом меридианном круге Рейхенбаха, надеялся, что и Гаусс, обладавший таким же инструментом, примет в ней участие. Однако с весны 1821 г. Гаусс был занят градусным измерением в Ганновере, и, кроме того, он всегда более тяготел к теоретической работе, чем к наблюдениям. «Такая потеря

времени не для Вас, — упрекал его Бессель, — и Вы должны заниматься им (градусным измерением. — *К. Л.*) постольку, поскольку это необходимо для создания теории предмета — остальное должен делать *MN*, а не Гаусс» [150, с. 92]. Гаусс не возражает: важной теореме он придает большее значение, чем всем измерениям Земли, однако из всех практических дел градусное измерение ему сейчас представляется наиболее важным, ради него можно пренебречь менее значительными работами. К последним Гаусс, по всей видимости, относил наблюдения на меридианном круге: в письме к Бесселю он писал, что достигнуть чего-либо выдающегося в практической астрономии «Вы всем нам весьма затруднили, опередив нас и образцово устранив в ней большинство белых пятен, так что нам не остается ничего другого, как время от времени собирать колосья после Вашей жатвы» [150, с. 191]. Однако ревность Гаусса здесь неоправданна: Бессель действительно очень нуждался в помощи других обсерваторий в программе зонных наблюдений.

Между тем ученые имели шанс работать рядом в Берлине: еще в 1810 г. Гаусс получил предложение перейти в Академию; затем оно было возобновлено в 1823 г. Бессель, избранный в 1812 г. членом Берлинской Академии, также мог переехать в столицу. В феврале 1825 г. он был приглашен на пост директора Берлинской обсерватории вместо ушедшего с этого поста Боде. Однако ни Гаусс, ни Бессель не приняли этих предложений.

Гаусс никогда не находил удовольствия в чтении лекций в университете и всячески избегал этой работы. Эта неприязнь к преподаванию послужила препятствием к увеличению его жалованья в Геттингене до той суммы, которую ему предлагала Академия [150, с. 192]. Некоторое время Гаусс пребывал в нерешительности, но осенью 1824 г. университет сумел устранить финансовые затруднения, и Гаусс остался в Геттингене.

Бессель также предпочел не уезжать из Кенигсберга, о чем писал Гауссу: «Здесь мне живется как нельзя более по душе, поэтому было бы неразумным принимать приглашение» [150, с. 193]. По-видимому, он не желал подвергать риску независимость своего положения; кроме того, Бессель был привязан к Кенигсбергу прочными семейными узами. На директорском месте он рекомендовал И. Ф. Энке.

О не использованной обоими учеными возможности переехать в Берлин А. Репсольд писал: «Таким образом, Гаусс и Бессель остались надолго разобщенными, хотя более легкий личный контакт был бы благотворнее для их отношений, чем переписка. Они могли бы счастливо дополнять друг друга: несколько недоступный Гаусс, всегда с неприязнью относившийся к чтению лекций и редко не испытывавший чувства, что, занимаясь практической астрономической работой. . . он теряет свое время, не желавший ничего большего, как провести оставшиеся годы жизни за занятиями в кабинете, вдали от мелочных жизненных забот; и с другой стороны — живой, прямодушный Бессель, тонкий, неутомимый наблюдатель, посвятивший всю свою жизнь расширению астрономических знаний, охотно идущий навстречу научным устремлениям своих учеников и высоко почитавший при этом математика Гаусса, но обладавший импульсивной натурой и потому не всегда умевший подобрать в письменной форме слова настолько осторожно, чтобы чувствительная натура Гаусса иногда не была задета, что нередко вызывало скованность в их отношениях. В устном же общении обходительность Бесселя легко устраняла бы небольшие недоразумения» [150, с. 193].

Весной 1825 г. Бессель во второй раз после переезда в Кенигсберг отправился в Гамбург, чтобы принять построенный у Репсольда маятниковый прибор. Здесь он познакомился с Иоганном Георгом Репсольдом лично, и оба сразу почувствовали расположение друг к другу. Бессель остановился в доме Шумахера, где ему было оказано самое сердечное гостеприимство и где были проведены предварительные испытания прибора. Затем Бесселю удалось на короткое время заехать в Бремен, чтобы вновь встретиться с дорогим ему Ольберсом. В этот же приезд наконец состоялась встреча с Гауссом, продолжавшим работы по градусному измерению. Короткое свидание друзей организовал Шумахер в городке Ротенбург, куда подъехал Гаусс. Однако и Бессель и Гаусс остались неудовлетворенными и даже раздосадованными этой встречей: слишком она была краткой, а из-за присутствия большого общества астрономов (кроме Шумахера здесь были Энке, Ганзен, Тиме) им так и не удалось спокойно и обстоятельно поговорить друг с другом.

Общение же с Шумахером еще более сблизило с ним



Ф. В. Бессель
Рисунок Г. И. Гертериха, 1825 г.

Бесселя. В этом человеке Бесселя привлекали и мягкий характер, и глубокая эрудиция, и научные интересы, сходные с его, бесселевскими, устремлениями. В последующее десятилетие друзей связывала общая работа по определению длины секундного маятника и сравнению прусского и датского эталонов длины. Шумахер приезжал в Кенигсберг летом 1828 г., чтобы перенять у Бесселя опыт работы с маятником, а затем увезти прибор в Данию для аналогичных исследований. Спустя два года Бессель был у Шумахера в Альтоне, где помогал ему в работе с маятником. В эту поездку, в которой его сопровождали жена и дочь, Бессель вновь посетил стареющего Ольберса. К концу лета, 21 августа 1830 г., он возвратился в Кенигсберг. Маятниковые исследования послужили поводом для новых встреч Бесселя и Шумахера в Берлине, сначала в апреле 1834 г., а затем летом 1835 г., когда Бессель пробыл

в столице с 15 мая по 20 августа. После этой встречи между друзьями произошла размолвка, возникшая из-за отказа Бесселя ехать в Альтону для проведения там исследований с маятником, но через несколько дней добрые отношения были восстановлены.

Тесным контактам Бесселя с Шумахером способствовало и то обстоятельство, что последний издавал основанный им в 1821 г. научный журнал «Астрономические известия» («Astronomische Nachrichten»). Журнал, существующий и поныне, быстро завоевал признание астрономов и стал одним из самых авторитетных астрономических изданий. Бессель был активным корреспондентом *AN*: во всех томах этого издания, вышедших при жизни Бесселя (т. 1—25), публиковались его работы. В журнале увидели свет свыше 160 статей Бесселя, составивших пятую часть объема *AN* за те годы. «*AN* — необходимое условие счастливого процветания нашей астрономии, — писал Бессель издателю 30 января 1831 г. — Прежде этому служил журнал Цаха, а затем Линденау⁷. Благодаря ему наша астрономия расцвела и нашим соседям есть чему у нас поучиться. *AN* стоит на ступень выше, чем его предшественник, ибо мы и сами поднялись на ступень выше. Журнал имеет еще и то преимущество, что он рассылается отдельными листами, которые могут заменить переписку тем, кто в ней не состоит» [150, с. 198].

Бессель сотрудничал с *AN* до конца дней, хотя одно время отношения его с издателем журнала были очень натянутыми, а затем и вовсе расстроились: Бессель даже заявил, что отказывается публиковать в журнале свои работы. Поводом для конфликта послужила публикация в 15 томе (1838 г.) недружественного по отношению к Бесселю письма Энке. Этот эпизод дал выход постепенно нараставшей напряженности в отношениях Бесселя и Энке, первые признаки которой появились после того, как Энке в 1825 г. возглавил по рекомендации Бесселя обсерваторию в Берлине. Не имея опыта руководства таким крупным научным учреждением, Энке не раз обращался за помощью и советом к Бесселю. Однако излишняя, быть может, прямолиней-

⁷ Имеется в виду журнал «Ежемесячные корреспонденции», который издавался в Готе Цахом в 1800—1807 гг., а затем, с 15-го тома, — Линденау по 1814 г. Всего вышло 28 томов журнала.

ность, с которой Бессель высказывал Энке свои советы и замечания, порой задевала самолюбие Энке и порождала в нем затаенную обиду. У Бесселя тоже были претензии к Энке, бывшему членом комиссии по изданию Академических звездных карт: он подозревал Энке в умышленном задерживании этой работы, основанной на наблюдениях Бесселя. Отношения не улучшились, как надеялся Бессель, и после двухнедельного визита Энке в Кенигсберг, где он знакомился с приспособлением для зонных наблюдений. Несходство характеров и темпераментов двух астрономов, а также их расхождения по некоторым научным вопросам⁸ с годами усугубляли скрытую неприязнь. Не рассеяли ее и внешне дружелюбные встречи в Берлине в 1835 г., где Бессель в течение всего лета занимался маятниковыми исследованиями. В 1836 г. Энке уже откровенно пишет Бесселю: «К сожалению, наши взгляды, как мне стало ясно за несколько лет, по некоторым вопросам совершенно противоположны. Я несколько не склонен считать ошибочным тот путь, на котором Вы столь многого достигли. Но есть много иных путей, и я чувствую потребность продолжать движение по тому из них, который единственно отвечает моей натуре» [150, с. 202].

Упомянутое письмо Энке в АН было ответом на большое «Замечание», помещенное Бесселем в 1838 г. в АН (т. 15, № 344), в котором он пытался возразить Энке по поводу тенденциозной статьи последнего, опубликованной в 1837 г. в «Берлинском астрономическом ежегоднике». Бессель был не столько возмущен высокомерным тоном Энке, сколько согласием Шумахера опубликовать это письмо. В резких выражениях Бессель написал об этом Шумахеру (3 марта 1838 г.) и выразил надежду, что тот не откажет ему в любезности поместить в журнале «Объяснение по поводу статьи г-на профессора Энке», которое будет последней публикацией Бесселя в АН. Шумахер, не чувствовавший за собой вины, был сражен тяжелыми обвинениями друга. «Объяснение» было опубликовано в АН (т. 15, № 349), но в течение двух мартовских недель 1838 г. они мучили друг друга полными упреков, горечи и оправданий

⁸ Бессель, например, отрицал существование в космосе сопротивляющейся среды, действием которой Энке пытался объяснить эволюцию некоторых кометных орбит.

письмами. Напрасно Шумахер пытался через посредство А. Гумбольдта побудить Энке — косвенного виновника конфликта — к примирительному заявлению. Наконец, несколько успокоившись, Бессель написал Шумахеру 16 марта: «Я должен попытаться исправить то, что разрушил в момент крайнего негодования. . . Это следствие горячей крови, которая все еще сказывается во мне; я очень сожалею о последствиях случившегося» [150, с. 204]. Итак, примирение с Шумахером состоялось, но Бессель остался при убеждении, что его близкий друг по-прежнему находится под влиянием Энке. По совету Ольберса Бессель в знак восстановления добрых отношений с Шумахером послал в АН очередную статью. О примирении с Энке Бессель не хотел и слушать; не помогло здесь ни деликатное посредничество Шумахера, ни попытки к сближению самого Энке. Лишь в последний год жизни тяжело больной Бессель, получив от Энке участливое письмо, ответил ему благодарностью, но в весьма формальных выражениях.

Бессель и Шумахер встретились снова весной 1838 г. в Берлине по случаю полного завершения работ по определению эталонов длины, а летом следующего года Бессель с сыном Вильгельмом посетил Шумахера в Альтоне. Главной целью этого приезда были переговоры с фирмой Репсольда в Гамбурге о постройке для Кенигсбергской обсерватории меридианного круга по образцу изготовленного для Пулковской обсерватории в России.

Находясь в Гамбурге, Бессель конечно же постарался заехать в Бремен к своему дорогому Ольберсу, которому шел уже 81-й год. Для этого визита был и особый, приятный повод: Бесселю не терпелось представить старшему другу своего 25-летнего сына Вильгельма, крестника Ольберса. Эта встреча двух астрономов и верных старинных друзей оказалась последней. В августе 1839 г. Бессель вернулся в Кенигсберг, а в марте 1840 г. он получил известие о кончине Ольберса.

После смерти Ольберса самым близким среди коллег-астрономов другом Бесселя был Шумахер, а отношения с Гауссом, подкрепленные лишь письмами, со временем теряли свою прежнюю приятельскую теплоту. В начале 30-х годов их переписка становится совсем вялой (даже о смерти своей второй жены в 1831 г.

Гаусс написал Бесселю спустя четыре месяца и очень кратко), а с 1834 г. до 1839 г. Бессель не получил из Геттингена ни одного письма, хотя сам, посылая Гауссу в эти годы свои работы, прилагал к ним письменные сообщения. В этих письмах Бессель, в частности, сетует на то, что обладающий феноменальным математическим дарованием Гаусс занялся чисто физической проблемой — явлением магнетизма. Он упрекает Гаусса и за крайнюю медлительность с опубликованием результатов его, Гаусса, исследований: «Где бы было теперь математическое знание не только в Вашем доме, но и во всей Европе, если бы Вы высказали все, что можете сказать! Нет нужды развивать этот предмет далее — я рискую повторить то, что Вам уже сотни раз было сказано» [150, с. 206—207], — писал Бессель 28 мая 1837 г. Этот же мотив повторяется и в письме от 4 января 1839 г. После более чем пятилетнего молчания Гаусс наконец ответил в феврале 1839 г.: «Упрек в утаивании можно сделать только тому, кто задерживает что-либо, готовое к печати, если возможность опубликования в его руках. Но этого я в своей жизни никогда не делал. Ведь это разные вещи: обладать чем-либо полностью ясным для себя лично или иметь то же готовым к печати. А так как я работаю очень медленно, то для последнего мне нужно только время, много времени, больше, чем Вы это можете себе представить» [150, с. 207].

В летнюю поездку 1839 г. в Гамбург и Бремен Бессель не имел возможности посетить Геттинген и заехал туда лишь в июне 1842 г. по пути в Англию. С тех пор Бессель и Гаусс больше не виделись. Их переписка продолжалась еще два года: последнее письмо Бесселя к его коллеге датировано 21 августа 1844 г.

Таким образом, дружеские связи и научное сотрудничество этих выдающихся ученых, за исключением немногих личных встреч, осуществлялись в течение 40 лет в форме переписки⁹.

Вообще в прошлые времена переписка между учеными служила важным средством оперативного обмена научной информацией и заменяла им ставшие обычными в наши дни конференции, симпозиумы, семинары.

⁹ Переписка Бесселя и Гаусса [96] издана в 1880 г. в Лейпциге. Издание содержит 119 писем Бесселя Гауссу и 74 письма Гаусса Бесселю.



К. Ф. Гаусс
Гравюра
с портрета Хр. Йенсена,
1839 г.

Бессель имел очень много корреспондентов. Только в архиве Академии наук ГДР хранится свыше двух тысяч писем, написанных Бесселю 253 отправителями за период с 1802 по 1846 г. [231]. В их числе 60 писем от Ф. В. Аргеландера за 1823—1844 гг., 85 от И. Э. Боде за 1812—1826 гг., 180 от И. Ф. Энке за 1817—1845 гг., 33 от П. А. Ганзена за 1824—1842 гг., 106 от К. Л. Гардинга за 1805—1833 гг., 53 от А. Гумбольдта за 1816—1846 гг., 48 от К. Г. Я. Якоби за 1826—1848 гг., 97 от Б. А. Линденау за 1805—1822 гг., 68 от Репсольдов за 1810—1845 гг., 596 от Шумахера за 1809—1846 гг., 106 от

В. Я. Струве за 1814—1845 гг. и т. д. Среди корреспондентов Бесселя: Ж. Б. Ж. Деламбр, И. Фраунгофер, Дж. Гершель, И. Ф. Крузенштерн, Ж. Ж. Лаланд, П. С. Лаплас, Ф. В. И. Шеллинг и другие выдающиеся деятели науки и культуры XIX в. Со многими из своих корреспондентов, прежде всего немецких, Бессель встречался лично. Его навещали и заграничные коллеги: ученые из России, Англии, США и других стран.

Сам Бессель ездил с научными целями за границу лишь однажды — летом 1842 г., когда по предложению короля Фридриха-Вильгельма IV вместе с К. Якоби отправился в Англию на сессию Британской ассоциации содействия науке. В поездке ученого сопровождали дочь Элиза и зять профессор Эрман. В то время Бесселю было 58 лет, меньше чем два года назад он пережил утрату сына, здоровье его заметно ослабло, и он уже избегал дальних поездок. Когда Шумахер предложил ему поехать в Вену для наблюдений полного солнечного затмения 8 июля 1842 г., Бессель ответил другу: «...у меня непреодолимое отвращение к поездкам. По-видимому, я больше никогда не покину Кенигс-

берг» [150, с. 210]. Однако, узнав о королевском желании послать его за границу, Бессель писал Шумахеру через месяц: «Человек предполагает, а бог располагает. Быть может, я поеду в Англию и Францию» [150, с. 210]. Шумахер настоятельно советовал ему не рисковать здоровьем и отказаться от поездки, но все же 6 июня Бессель отправился в путь. Он пересек Германию с востока на запад, в бельгийском порту Остенде сел на корабль и, переправившись через Дуврский пролив, прибыл в Лондон, а затем в Манчестер.

В Англии Бессель был принят с исключительной сердечностью и почетом. «Его искренняя и приятная манера общения, очарование его бесед, весьма содержательных и поучительных, всегда будут вспоминаться с удовольствием и благодарностью всеми, кто имел счастье разделять его общество» [145, с. 15], — писал принимавший Бесселя Дж. Гершель. В Манчестере, где проводилась сессия Ассоциации, Бессель прочитал доклад «Об астрономических часах». Между прочим, на сессии 19 июня сделал доклад «Замечания о принципе аналитической механики» профессор Московского университета Н. Д. Брашман. Доклад очень заинтересовал Бесселя, и он даже выступил после Брашмана с благодарственным словом [212, с. 328—329]. Бессель посетил также Шотландию, Лондон, Гринвич. На обратном пути он был в Париже, где 1 августа выступил на заседании Академии с докладом «Об астрономической рефракции», встретился с директором Парижской обсерватории Д. Ф. Араго, а также А. Буваром и другими французскими астрономами. В конце лета 1842 г. он возвратился в Кенигсберг.

Характер и личность Бесселя

Бессель был очень прост в обращении с людьми, всегда доброжелателен и внимателен к собеседнику. Эти качества он ценил и в других. Ему претили чопорность и условность правил «высшего света», бессодержательность светских разговоров. В то же время он охотно бывал в обществе, где естественными были живое общение, остроумная шутка, дружеский спор.

Бессель запросто общался и с людьми коммерческого круга, с которыми легко находил общий язык: ведь «по образованию» он был коммерсантом!

Среди коллег и друзей Бесселя было немало лиц, близко знавших при жизни великого кенигсбергского мыслителя Иммануила Канта. После смерти философа они организовали «Общество друзей Канта», членами которого стали, в частности, тесть Бесселя профессор К. Г. Гаген, философ Хр. Я. Краус, книгоиздатель Фр. Николовиус, представители городских властей, деловых кругов и т. д. — всего 20—30 человек. Ежегодно в день рождения Канта — 22 апреля — «Общество» собиралось на торжественный обед, посвященный этому событию. Со временем в члены «Общества» был избран и Бессель. Он предложил оживить традиционные собрания шуточным обрядом выборов «бобового короля». В торт, подаваемый на десерт, запекался серебряный боб. Нашедший в своем куске боб становился «бобовым королем», а его соседи за столом слева и справа — «бобовыми министрами». «Король» готовил к следующему собранию шуточную «бобовую» речь о знаменитом философе. Этот обряд стал традицией «Общества друзей Канта».

Неотъемлемыми чертами личности астронома, привитыми ему в родительском доме, были искренность и правдивость в словах и поступках. Органически не переносивший криводушия и лицемерия, Бессель, как и всякий человек, мог в чем-то ошибаться, но, по его словам, он никогда не говорил неправду преднамеренно [150, с. 202]. Иногда он, быть может, мог излишне прямолинейно и даже резко высказать свое мнение о том или ином человеке или явлении, но не отказывал в этом праве и другим: «Тот, кому я доверяю, может очень многое говорить и делать прежде, чем я лишу его этого права» [150, с. 188]. Таким образом, в основе изначального отношения Бесселя к людям лежали доверие, доброжелательность, внутренняя деликатность.

Крайней деликатностью, по-видимому, объясняется одна его черта, которую сам он называл «странностью» и «мягкотелостью»: если кто-то из его близких терял дорогого человека или опасно заболел сам, Бессель избегал с ним общения или, по крайней мере, старался не касаться самого несчастья или недуга, боясь не найти нужных слов участия. Так было, когда Бессель получил известие о смерти дочери Ольберса, а затем, в 1820 г., его супруги и когда Гаусс в 1831 г. сообщил ему о кончине своей второй жены. С трудом отвечая на эти печальные вести вымученными письмами,

он лишь очень бегло выражает участие и спешит перейти к бесстрастным научным предметам. «Чтобы это понять, нужно знать одну странную особенность моего характера, — писал он Шумахеру. — Я не могу писать человеку, хотя уважаю и люблю его, как только узнаю об угрожающей ему опасности. По этой причине я не мог писать отцу в последние месяцы его жизни, и когда собираюсь писать Ольберсу, то никак не могу на это решиться. Это нельзя назвать иначе, как глупой мягкотелостью, но я не могу с ней ничего поделать» [150, с. 187]. Опасаясь, что он окажется недостаточным твердым перед лицом несчастья и напоминанием о нем неизбежно причинит близким лишние страдания, Бессель предпочитает этому кажущуюся безучастность.

Бессель всегда вел подвижный образ жизни: с удовольствием работал в саду, любил пешие прогулки, купался в море, был заядлым охотником. К охоте он пристрастился еще в Лилиентале и это увлечение сохранил до последних лет жизни. В Кенигсберге он имел охотничьих собак, его кабинет украшали охотничьи принадлежности, он был членом местного охотничьего общества.

Физическая подвижность вместе с ясностью и силой духа, не подверженного ни зависти, ни тщеславию, ни другим мелким страстям, служили многие годы надежной основой здоровья Бесселя. Иногда он ездил на отдых на воды: в 1827 г., например, Бессель отдыхал в Мариенбаде в Богемии. Не желая расставаться с любимой работой, он привез туда с собой небольшой телескоп!

Научные занятия, составлявшие главное содержание и потребность его жизни, служили Бесселю и прибежищем от житейских испытаний, и источником удовлетворения, и необходимым фактором внутреннего равновесия. Работая за телескопом или в тиши кабинета, он был глубоко сосредоточен и очень не любил, когда его чем-либо отвлекали. Не знавший Бесселя мог счесть следствием дурного расположения духа ту сдержанность, с которой он принимал нежданного визитера, оторвавшего его от работы. По воспоминаниям Ангера [135, с. 15], ученики, бывавшие у Бесселя часто, по одному только тону, с которым он говорил «Войдите», могли судить, в подходящее ли время они явились. Однако досада Бесселя мгновенно сменялась оживлением, лицо его светлело, если ученик приносил



«Охотничий»
портрет Ф. В. Бесселя
Этюд К. Миттага,
1842 г.

самостоятельное решение пусть даже не слишком трудной задачи или высказывал интересные мысли по какому-то научному вопросу.

Решив в юности посвятить себя астрономии, Бессель до конца дней оставался преданным рыцарем этой науки. По его воспоминаниям и письмам, относящимся к разным годам, можно составить представление об отношении ученого к своей работе. «Вы и я привыкли обычно удалять на задний план дорогое нам наше „я“, если речь идет о расширении знания, — пишет он Гауссу в 1823 г. — Тот, кто начнет отказываться от жертв, наполовину мертв для науки» [150, с. 191—192].

Из писем Шумахеру: «Астрономия тем прекрасна, что она постоянно общает много важного и интересного» (1824 г.) [150, с. 183].

«Того, кто взял у неба хотя бы немного возвышенного, я уважаю и ценю» (1830 г.) [150, с. 193], — по поводу пренебрежительного отзыва Шумахера об одном из астрономов.

«Нет ничего более свойственного моему образу жизни и моему темпераменту, чем отсутствие чувства успокоенности: в постели я думаю о своих делах, а когда просыпаюсь, они первыми приветствуют меня» (1839 г.) [150, с. 208].

За несколько месяцев до смерти, в ноябре 1845 г., когда после периода полного бессилия он снова обрел способность держать в руках перо, Бессель с горечью сетовал в письме Шумахеру, что истекший год был для

него почти бесплодным в научном отношении [150, с. 212].

Не без воздействий систематических занятий строгой и точной наукой — позиционной астрономией — сформировались и философские воззрения Бесселя. Он не декларировал их явно, поговаривая, что к философии следует относиться как к добродетели: ее надо иметь, но говорить о ней не стоит [243, с. 252]. Однако по образу мыслей и отношению к науке Бесселя можно считать позитивистом. В соответствии с его пониманием, задачей науки является установление строгих связей между явлениями, истинность любого научного вывода должна проверяться экспериментом. В астрономии это означает изучение видимых и истинных положений и движений небесных объектов на основе наблюдения и известных законов природы. Источником астрономических знаний может служить только наблюдение и только строгий математический расчет. По словам Бесселя, «опорой системы является не что иное, как ее согласие с наблюдениями» [101, с. 798].

Исключительной строгостью критериев истинности научного знания, которыми руководствовался Бессель, объясняется известное пренебрежительное отношение его к описательной и умозрительной астрономии. Поистине недостатки Бесселя были продолжением его достоинств: конечную цель своей науки он видел в «указании мест на небе, в которых находились, находятся или будут находиться Солнце, Луна, планеты, кометы и звезды» [169, с. 302]. Гадать же, например, о том, что означают оттенки окраски на поверхности Луны, это, по мнению Бесселя, удел любителя, но не серьезного ученого. Но именно на стадии описательности находилась в то время зарождавшаяся астрофизика, которая с изобретением фотографии и спектрального анализа впоследствии стала стремительно развивающейся ветвью астрономии. Справедливости ради следует сказать, что, как истинный ученый, Бессель не мог совершенно отстраниться от астрофизических проблем, и лучший тому пример — его пионерские исследования физической природы кометы Галлея (см. гл. 9).

Экстремизм Бесселя во взглядах на цели астрономии был реакцией, быть может несколько анахроничной, последовательного приверженца строгого научного метода на околонаучные спекуляции о строении небес и причинах небесных явлений. Оставляя в удел

астрономии лишь изучение внешней стороны небесных явлений, он тем самым уводил ее от исследования физической природы мира. И все же эта односторонность представлений Бесселя о целях астрономии сполна оправдывается тем вкладом в науку, который он внес именно благодаря четко выраженной направленности его усилий на решение задач строгой позиционной астрономии.

Трезвый и практичный ум Бесселя определял и его отношение к религии. Хотя он происходил из протестантской семьи и в детстве получил религиозное воспитание, в зрелом возрасте религия не играла заметной роли в его жизни. Он был слишком рационален во взглядах на мир, и религия попросту оставалась вне того круга проблем, которыми он жил. В шутку он называл себя «полуязычником» [150, с. 187], и ему совершенно были несвойственны какие бы то ни было упования на благое провидение.

Интересны взгляды Бесселя на экономические и социальные проблемы прусского общества. Вполне благонадежный подданный прусского короля, далекий от политики Бессель не мог тем не менее оставаться безучастным к разящему социальному неравенству в экономически отсталом королевстве. В статье «Перенаселение», анонимно опубликованной в «*Königsberger Allgemeinen Zeitung*» в феврале 1845 г., он пишет о том, что «две самые крайние степени материального положения людей теперь наблюдаются чаще, чем когда-либо раньше: богатство все более накапливается у одних и прогрессирует ужасающая нищета других» [88, АЗ, с. 484]. Эта несправедливость, по мнению Бесселя, должна быть преодолена не с помощью благотворительности и филантропических призывов, а путем существенного увеличения производства продуктов: «Одна и та же квадратная миля, которая могла содержать лишь нескольких охотников, способна обеспечить средствами проживания тысячи людей, если только они обладают достаточным интеллектом, чтобы добыть эти средства из почвы» [88, АЗ, с. 484]. Бессель неявно полемизирует с мальтузианской теорией народонаселения: не насильственное сокращение числа людей решает проблему перенаселения, а улучшение условий их жизни. В этих взглядах ученого отразился столь присущий ему этический гуманизм, чуждый какой бы то ни было идее насилия. Справедливо указывая на эко-

омические проблемы как на корень проблем социальных, Бессель остается лишь ученым-естественником, когда рассуждает о путях улучшения жизни людей: спасение от социальной несправедливости он видит в развитии естественных наук и просвещении народа. Это, по его мнению, позволит увеличить производство, а следовательно, дать людям тот минимум продукта, который обеспечит им вносное существование. Бессель далек от мысли о революционном преобразовании общества, хотя идеи назревавшей революции 1848 г. уже «носились в воздухе».

Внешний облик Бесселя и его портреты

Представление о наружности человека, жившего во времена, когда фотографии еще не было, и лишь в последние годы жизни заставшего первые опыты дагерротипирования, мы можем составить по воспоминаниям современников, а также по сохранившимся его портретным изображениям. Прежде всего — о наиболее удачных и известных портретах астронома.

При жизни Бесселя были созданы в разной технике 28 его портретов. «Это очень много, — пишет один из потомков астронома Леопольд Бессель, — и без точного знания обстоятельств, способствовавших этому, можно было бы предположить, что поводом к их созданию в большей или меньшей степени послужило собственное стремление Бесселя запечатлеть средствами искусства свои черты и желание сохранить их для потомства. Но это не так. Помимо того что любовь к собственной внешности не вязалась со скромной натурой этого человека, о чем в один голос свидетельствуют современники и потомки (сознание своей значимости как ученого не имеет ничего общего с нескромностью), можно во всех случаях даже доказать, что не личное желание, а внешние причины привели к возникновению его многочисленных портретов» [137, с. 7—8].

Никаких изображений Бесселя в детские и отроческие годы не сохранилось. Первый из известных портретов астронома относится к 1810 г., и его появление связано с переездом Бесселя в Кенигсберг. Это гипсовый барельеф, который он заказал в Берлине скульптору Леонарду Пошу по просьбе своих родителей, пожелавших иметь на память о сыне его изображение. На портрете — молодой человек 26 лет в сюртуке и жабо,



Гипсовый барельеф
Бесселя
Работа скульптора Л. Поша,
1810 г.

с сильным подбородком и пышными, вьющимися волосами. В соответствии с паспортом, датированным тем же 1810 годом, рост Бесселя составлял тогда 168 см [143, с. 84]. Барельеф Поша — одно из лучших изображений астронома. Копию этого портрета Бессель послал из Берлина в подарок Ольберсу; позже с этого барельефа была сделана гравюра (см. с. 48). Известно, что оригинал гипсового портрета хранился (по крайней мере, вплоть до первой мировой войны) в семье Е. Гагена — сына младшей дочери Бесселя [150, с. 211].

В возрасте 41 года, в расцвете сил, Бессель запечатлен на очень удачном рисунке мелом Г. Н. Гертериха (см. с. 83). Этот портрет астроном заказал в Гамбурге в 1825 г., чтобы подарить на память своему другу Г. Х. Шумахеру. Художник сумел передать не просто внешний облик ученого: готовое к улыбке лицо, мягкий взгляд, пышные волосы — все очерчено нерезкими, спокойными линиями, создающими впечатление о ясном внутреннем мире, мягкости и доброжелательности характера портретируемого.

Наиболее известны два портрета Бесселя, получившие широкое распространение в гравированных и фотографических копиях и ставшие в некотором смысле «каноническими». Один из них написан маслом в год 50-летия ученого (1834 г.) художником И. Вольфом по желанию семьи астронома [137, с. 8]. В 1851 г. по этому портрету Е. Мандель сделал по заказу А. Л. Буша гравюру на меди, помещенную в 1856 г. в 27 томе «Наблюдений Кенигсбергской обсерватории», благодаря чему портрет стал широко известен ¹⁰. По словам Лео-

¹⁰ Популярности портрета Вольфа—Манделя способствовала и свободная продажа гравюры в Лейпциге, о которой Буш объявил в «Астрономических известиях» (Т. 34. № 795. 1852.С. 51).

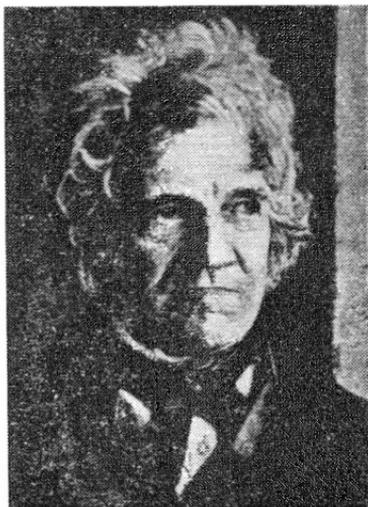


Ф. В. Бессель
Гравюра Е. Манделя по портрету 1834 г. И. Вольфа

польда Бесселя, портрет Вольфа «вызвал наибольшее восхищение современников. Это можно понять, испытан на себе силу одухотворенных могучим интеллектом черт и полного душевности взгляда»¹¹ [137, с. 12]. Одновременно Вольф по желанию Бесселя в той же манере написал прелестное изображение Иоганны Бессель — супруги астронома.

Второй из упомянутых портретов ученого был заказан в 1839 г. датскому художнику Хр. А. Йенсену русским императором Николаем I для новой обсерватории в Пулковке, где портрет находится и поныне. Бессель

¹¹ Эта работа послужила Вольфу основой для парадного покоевого портрета Бесселя, написанного в 1844 г. по заказу короля Фридриха-Вильгельма IV для галереи кавалеров ордена *Rouge le mérite* в Берлине. Здесь астроном изображен со своими наградами и атрибутами своей науки — глобусом и объективом гелиометра.



Дагерротипный
портрет Бесселя,
1843 г.

позировал художнику в Альтоне летом 1839 г., когда приезжал к Репсольду и Шумахеру. На портрете Йенсена в чертах 55-летнего астронома уже проступают признаки старения: слегка пополневшее лицо, морщины вокруг глаз и на лбу, но все те же неизменные мягкость и доброжелательность во взгляде. Йенсен написал и авторские копии портрета: одна из них сохранилась у потомков Марии Эрман — старшей дочери Бесселя [137, с. 9]; о продаже другой копии художник объявил в «Астрономических известиях» (Т. 24, № 572, 1846, с. 331), и она была приобре-

тена учеником Бесселя Ф. В. Аргеландером для обсерватории в Бонне. Фотолитографическая копия этого портрета (см. обложку), открывает третий том трудов астронома, изданных в 1875—1876 гг. в Лейпциге [А 3]. Отсюда она распространилась по многим изданиям.

Работы Вольфа и Йенсена запечатлели облик Бесселя в зрелые годы. По словам Леопольда Бесселя, астроном «был красивым человеком, хотя среднего роста и некрепкого сложения, но мощная голова с пышно вьющимися волосами и одухотворенные черты лица свидетельствуют о его значительности» [137, с. 11]. Между прочим, на портрете работы Вольфа заметен небольшой физический недостаток на лице Бесселя — слегка косящий левый глаз — особенность, сглаженная у Йенсена.

Из более поздних изображений Бесселя заслуживает упоминания оригинальный по содержанию так называемый «охотничий» портрет (см. с. 92), созданный в 1842 г. К. Миттагом по заказу Кенигсбергского охотничьего общества, членом которого был заядлый охотник Бессель. Здесь мы видим его в охотничьем костюме, в сапогах, с сумкой и трубкой. Эта работа вместе с 20 другими картинами подобного содержания украшала



Дагерротипный портрет Бесселя,
1844 г.

зал знаменитого ресторана-погребя «Блутгерихт» в Кенигсбергском замке.

Совершенно исключительное место в иконографическом наследии астронома занимают два ценнейших своей документальностью дагерротипа — результат первых опытов получения изображений по новому методу, изобретенному во Франции Дагерром в 1839 г. и положившему начало фотографии.

Дагерротипный портрет, снятый 15 сентября 1843 г. профессором физики Кенигсбергского университета Л. Ф. Мозером, по своей выразительности не имеет равных среди многочисленных изображений ученого¹². От всего облика астронома веет одухотворенностью и

¹² Оригинал этого портрета — дагерротип из наследия Мозера — был подарен в 1880 г. Гагену — мужу младшей дочери Бесселя Иоганны [150, с. 212].

поистине «бетховенской» мощью. Бессель уже стар, его лицо испещрено морщинами, он пережил трагедию смерти сына, его здоровье подорвано, но какой внутренней силой светится его лицо! Этот портрет, на котором отсутствие художественного обобщения щедро возмещается строгой документальностью, — бесценное свидетельство о личности великого человека.

Другой снимок, полученный предположительно также Мозером в двух экземплярах, относится к 1844 г. Это изображение, по-видимому, заменяло Вольфу живую модель в работе над упомянутым парадным портретом Бесселя в 1844 г., что подтверждается сходством позы и одежды астронома на снимке и портрете Вольфа. Этот дагерротип также достаточно выразителен, но более мелкий по сравнению со снимком 1843 г. план скрадывает детали облика.

Дагерротипные портреты Бесселя дают представление о его внешности в последние годы жизни — годы старости, представление, которое согласуется со свидетельством Р. Я. Коша, последнего врача астронома [148]. По-видимому, именно на основании этого свидетельства русский астроном К. Д. Покровский писал: «. . . наружность Бесселя совершенно не соответствовала его могучему духу. Это был человек небольшого роста, щедушный и слабый, хотя в общем здоровый. В последние годы своей жизни он имел вид глубокого старца, но стояло только с ним заговорить, как все изменялось: неподвижные черты лица его оживали, глаза загорались, а на губах появлялась приветливая, мягкая улыбка, что вместе с ясной и звучной речью свидетельствовало, насколько силен дух в этом слабом теле» [132, с. 57].

Об изображениях астронома, выполненных в память о нем после его смерти, будет сказано ниже, в конце настоящей главы.

Последние годы жизни

В 40-е годы, когда астроному было около 60, здоровье начало изменять ему. Зимой 1842—1843 гг. он жалуется на спазмы в груди и тяжелые головные боли, следствием которых были непреодолимая вялость и отсутствие мыслей. По настоянию врача он должен был прекратить наблюдения и смог возобновить их только в апреле. В следующую зиму 1843—1844 гг.

у него появились симптомы той болезни — злокачественной опухоли в желудке, — которая стала роковой¹³. О наблюдениях в зимние месяцы не могло быть и речи. В феврале он все же нашел в себе силы прочитать последний из своих докладов в Физико-экономическом обществе «Равновесие и движение». Весной, преодолевая физические страдания, он пытается возобновить наблюдения в обсерватории, однако надежды на желанное улучшение здоровья с весенним теплом оказались тщетными, и вместе с тем пришло понимание чрезвычайной серьезности положения.

А. Буш, ближайший помощник Бесселя в то время, вспоминал об этих трудных днях: «Ранним утром я застал Бесселя уже в обсерватории. Когда он посетовал мне, что эту ночь, как и многие другие, он вновь не спал, я не смог более скрыть свое давнее желание и попросил его поручить мне наблюдения на новом инструменте¹⁴. На это он ответил: „Мое здоровье безнадежно, поэтому, насколько это окажется возможным, я все же попытаюсь сам закончить начатую мной серию наблюдений“. Из этих слов ясно, как Бессель сам оценивал свое состояние» [139, с. VIII]. Завершить наблюдения ему не удалось: в мае, будучи тяжело больным, он отправился на лечение в Мариенбаден. Поездка на воды принесла некоторое облегчение, воспользовавшись которым он в августе 1844 г. спешит возобновить работу на меридианном круге.

В сентябре 1844 г. Кенигсбергский университет торжественно праздновал свое 300-летие, и по случаю юбилея Бессель был награжден звездой к ордену Красного Орла. Он даже принял участие в некоторых юбилейных торжествах, однако в октябре его здоровье резко ухудшилось. На ногах появились отеки, он с трудом мог подняться по ступенькам у инструмента, чтобы снять отсчеты с микроскопов, и врач запретил ему наблюдения. Работу на меридианном круге продолжил Буш, однако Бесселя не покидала надежда на некоторое, пусть даже непродолжительное, улучшение его состояния, когда он сможет завершить начатую серию наблюдений. Но болезнь прогрессировала, и

¹³ История болезни Бесселя описана его врачом Р. Я. Кошем в брошюре [148].

¹⁴ Меридианный круг Репсольда, установленный в обсерватории в 1841 г.

осенние наблюдения 1844 г. оказались для астронома последними. Предчувствуя приближающуюся развязку, Бессель написал в октябре распоряжение о том, что он поручает Бушу и Петерсену редукцию наблюдений на круге Репсольда для вывода уточненных склонений фундаментальных звезд. Это распоряжение было найдено после смерти Бесселя [139, с. 9].

С наступлением зимы опухоль в нижней части живота больного увеличилась, и тяжелый недуг сделал теперь жизнь Бесселя почти непрерывным мучительным страданием. В редкие часы облегчения, когда боль ненадолго отступала, он пытался заниматься научной работой, но теперь эти занятия, за небольшим исключением, ограничивались лишь непродолжительным чтением. Минула тяжелая зима, но состояние больного не улучшилось. В мае король прислал к нему своего личного лекаря Шёнлайна, чем очень тронул Бесселя¹⁵, но и королевский медик оказался бессильным перед наступавшей болезнью. Осенью изможденный недугом Бессель в течение двух месяцев был не в состоянии держать в руках перо. В ноябре, собравшись с силами, он все же написал письмо Шумахеру. «Боли и мучений было вынесено с избытком, — писал Бессель старому другу. — Тысячи раз я просил небо сократить мои страдания; они так невыносимы, что с недели на неделю я жду своего конца, но пока должен терпеливо нести этот тяжкий крест» [150, с. 212].

Наступил 1846 год. Болезнь настолько подточила силы старого астронома, что с февраля он уже не вставал с постели. 22 февраля Бессель написал письмо Шумахеру — последнее из собственноручно написанных писем. 2 марта он получил новое свидетельство внимания и благосклонности короля: Фридрих-Вильгельм IV прислал в дар астроному свой портрет, специально для этого выполненный художником Ф. Крюгером. Об этом подарке лишенный сил Бессель сообщил Шумахеру в последнем письме, продиктованном младшей дочери Иоганне 7 марта [138, с. 50]. В последующие дни боль-

¹⁵ Фридрих-Вильгельм IV и прежде оказывал Бесселю свою благосклонность. Так, после коронационных торжеств в Кенигсберге в сентябре 1840 г. только что вступивший на трон король посетил астронома в обсерватории, и последствия монаршего визита не замедлили сказаться: Бессель получил 500 талеров надбавки к жалованью.

Bessel's Tod.

Am 17^{ten} März Abends zwischen 6 und 7 Uhr starb *Friedrich Wilhelm Bessel*. Seine langen und schweren Leiden schloss ein ruhiger schmerzloser Tod. Er schlief von Liebe bewacht sanft ein, um hier nicht wieder zu erwachen.

Die letzten Tage seines Lebens wurden noch durch eine Freude erheitert, welche die Gnade Seiner Majestät des Königs von Preussen ihm bereitet hatte. Der Erhabene Monarch liess sich für Bessel in ganzer Figur, im einfachen Überrocke an Seinen Schreibtisch, wie von der Arbeit aufstehend, gelehnt, durch Professor Krüger malen. Dies Bild, das ein mehr als gnädiges Handschreiben ankündigte, kam am 2^{ten} März auf der Sternwarte an, und war von der Zeit bis zu seinem Tode Bessels stünzige Freude. Er dictirte am 7^{ten} März seiner Tochter folgenden hier wörtlich abgedruckten Brief an den Herausgeber der *Astronomischen Nachrichten*:

Сообщение о смерти Ф. В. Бесселя
в «Астрономических известиях» от 8 апреля 1846 г.

ной пребывал в полузабытьи, в котором время от времени наступали просветления сознания.

17 марта 1846 г. около 6 часов 30 минут пополудни Бессель умер. Не решаясь нарушить тишину после его последнего вдоха, супруга астронома и его дочь Иоганна еще долго сидели неподвижно у смертного одра бесконечно дорогого им человека.

Гроб с телом усопшего установили в зале первого этажа обсерватории — там, где Бессель много лет читал лекции студентам. Проститься с великим соотечественником пришли представители всех городских сословий, ученые, многочисленные горожане. В день похорон траурная процессия прошествовала вокруг обсерватории, совершив обряд последнего прощания астронома с его детищем, и направилась к кладбищу Нойроссгартер, с севера примыкавшему к обсерваторскому холму. Ученики и помощники Бесселя — астрономы Буш и Вихман — несли многочисленные награды ученого, полученные им за высокие научные достижения от правительств многих стран.

Бесселя похоронили примерно в 100 м северо-западнее меридианного зала обсерватории, созданной его умом и энергией. На надгробном камне, видном из ее окон, высекали надпись:

Friedrich Wilhelm Bessel,
geb. in Minden 22. Juli 1784,
gest. in Königsberg 17. März 1846

Признание современников и потомков

Бессель прожил нелегкую, до предела заполненную работой жизнь. Подвижнический труд вознаграждал его радостью научных открытий или долгожданными плодами многолетних усилий; наградой ученому было также широкое признание его заслуг современниками. Он был избран членом Берлинской, Бостонской, Мюнхенской, Палермской, Парижской, Петербургской и Стокгольмской академий, членом научных обществ Эдинбурга, Геттингена, Гарлема (Голландия), Копенгагена, Лондона, Манчестера, Модены, Филадельфии, Упсалы и Сент-Андруса, а также членом Амстердамского института, Лондонского астрономического и метеорологического общества, Берлинского географического общества, Гданьского общества естествоиспытателей, членом-корреспондентом Британской Ассоциации, почетным членом Казанского университета в России. Бессель имел титул тайного советника и был награжден прусскими орденами Красного Орла со звездой и *Pour le mérite*, датским орденом Данеброг, русским — Станислава и шведским Полярной Звезды. Бессель был также лауреатом ряда научных премий.

После смерти астронома память о нем продолжала жить в городе, с которым был связан самый плодотворный период его научной деятельности. Когда минул первый после его кончины печальный год, бывшие друзья и коллеги Бесселя собрались в день его рождения 22 июля 1847 г. в обсерватории. Буш пригласил собравшихся в северный зал, где на сплошь увитой зеленью стене, украшенный венком, был помещен портрет Бесселя в окружении портретов Ольберса, Гаусса, А. Гумбольдта и К. Якоби. В зеленых нишах стояли бюсты дорогих Бесселю людей — сына Вильгельма и И. Г. Репсольда. Буш произнес перед собравшимися речь, посвященную жизни и деятельности своего учителя и старшего друга. Дни рождения Бесселя отмечались в обсерватории и в последующие годы.

В 1856 г., через 10 лет после смерти Бесселя, его именем были названы в Кенигсберге небольшая улица, ведущая к обсерватории вдоль ограды Ботанического сада (бышая Пестхаузквергассе), а также площадь у подножия обсерваторского холма (бывшая Буттербергплац). Выходящая на площадь улица, носившая

название Пестхаузгассе, была в том же году переименована в Обсерваторскую.

В 1851 г. на Парадной площади в Кенигсберге был открыт памятник королю Фридриху-Вильгельму III (скульптор А. Кисс). Постамент памятника украсили бронзовые барельефы со сценами из истории борьбы Пруссии против наполеоновского гнета. Западный барельеф назывался «Прощание добровольца-кавалериста со своим отцом». Фигура отца была портретным изображением Бесселя. На этой площади в 1844 г. в дни празднования 300-летия университета состоялась торжественная закладка нового университетского здания. Сооружение его началось в 1856 г., закончилось в 1862 г. Здание, спроектированное в стиле итальянского Ренессанса берлинским архитектором Ф. А. Штюлером, было украшено снаружи скульптурными портретами 10 наиболее выдающихся ученых, философов, писателей¹⁶, чья деятельность была связана с университетом. Бюсты были выполнены из песчаника известным немецким скульптором Л. Р. Зимерингом; среди них было и скульптурное изображение Бесселя¹⁷.

100-летний юбилей астронома в 1884 г. был отмечен сооружением ему памятника в Кенигсберге. Бронзовый бюст Бесселя, изваянный И. Ф. Ройшем, был установлен в саду перед обсерваторией. На постаменте высечена надпись:

Fr. Wilh. Bessel.

Прошли годы, отбушевали бури истории, под натиском которых рушились камень и бронза, и только «памятник нерукотворный» — труды Бесселя — оказался не подвластным ни времени, ни разрушениям.

¹⁶ Г. Сабинус, С. Дах, И. Кант, И. Г. Гаман, Т. Г. Гиппель (старший), Хр. Краус, Ф. В. Бессель, И. Ф. Гербарт, К. Г. Я. Якоби, Х. А. Лобек.

¹⁷ В 1861 г. Зимеринг дал объявление в «Астрономических известиях» (№ 1273, с. 15) о продаже копий бюста Бесселя в разных материалах. Сведений об их приобретениях у нас нет. Не исключено, что в копиях это изображение сохранилось доныне.

Глава 5

Бессель и русская наука

Труды Бесселя уже в его молодые годы снискали ученому международное признание. В качестве члена многих зарубежных академий и научных обществ и просто как известный ученый он находился в постоянном контакте с научными учреждениями и деятелями науки ряда стран. Особенно тесные связи имел Бессель с учеными России. Во втором—четвертом десятилетиях XIX в. Россия была страной, наиболее подготовленной к восприятию созданных Бesselем новых принципов позиционной астрономии. Для этого были причины, обусловленные как объективными потребностями огромной Российской империи в развитии астрономо-геодезических исследований, так и тем обстоятельством, что российскую астрономию в те годы представляли ученые широких научных взглядов и незаурядных дарований. Именно в России Бесселевы принципы были со всей последовательностью, полно и плодотворно воплощены в жизнь.

Бесселево учение о теории и практике астрономических наблюдений проникало в среду русских ученых по разным каналам: труды Бесселя систематически получали русские обсерватории и Петербургская Академия наук; в его обсерватории в разное время учились и работали астрономы из России; наконец, Бессель был связан научной перепиской с многочисленными корреспондентами из среды русских ученых, а с некоторыми из них имел личные дружеские отношения. Однако его связи с русской наукой не ограничивались обменом научными результатами или опытом производства наблюдений: Бессель принимал активное участие и в важных практических работах, предпринятых по инициативе русских геодезистов, равно как и в России велись скоординированные наблюдения по его программе.

Почетный член Петербургской Академии наук

Бессель был избран почетным иностранным членом Петербургской Академии наук в 1814 г., когда ему не исполнилось и 30 лет. По Регламенту 1803 г. почетные иностранные члены Академии избирались «из известнейших своей ученостью чужестранцев, от присоединения которых Академия, отдавая сим образом принадлежащую честь их достоинству, могла бы вместе заимствовать себе славу. . .» [222, с. 62].

С ходатайством об избрании Бесселя выступили на собрании 25 мая 1814 г.¹ академики В. Л. Крафт, Н. И. Фусс и В. М. Севергин. Одновременно они ходатайствовали об избрании в отечественные члены-корреспонденты ботаника К. Ф. Лёдебур. Бессель и Лёдебур характеризовались «как ученые, широко известные их глубокими познаниями в науках, которые они представляют, и за их труды, высоко оцененные Академией»². В протоколе общего собрания Академии наук, в частности, отмечалось, что секретарь огласил предложение, внесенное одновременно академиками Крафтом, Фуссом и Севергиным, «принять:

1. в число почетных иностранных членов господина Фридриха Вильгельма Бесселя, профессора астрономии, директора Прусской Королевской обсерватории в Кенигсберге;

2. в число отечественных членов-корреспондентов господина Фридриха Лёдебур, Советника Двора, профессора естественной истории и ботаники Императорского университета в Дерпте.

Эти два видных ученых были избраны голосованием, первый — единогласно, второй — четырнадцатью голосами за при одном против. Секретарь вышлет им дипломы»³.

Получив известие об избрании его в Петербургскую Академию, Бессель прислал в августе 1814 г. благодарственное письмо непременно секретарю Академии Николаю Ивановичу Фуссу, в котором писал: «Уважаемое письмо Вашего превосходительства, в котором

¹ Здесь и ниже даты общих собраний Академии наук даны по старому стилю, принятому тогда в России, а писем Бесселя и других зарубежных ученых — по новому. Для перевода на новый стиль к дате следует прибавить 12 дней.

² ЛО ААН. Ф. 1. Оп. 2—1814. Д. 163.

³ Там же. Оп. 1а. Д. 25. Л. 44 об.

Вы мне сообщаете о моем назначении в Академию и прислали мне диплом, я воспринял как лестный знак расположения ученого общества, которое, будучи колыбелью наших нынешних математических знаний, с благодарностью называется каждым, кто посвящает себя этому предмету. Я бы уже раньше выявил, насколько я нахожу себя почтённым этим выражением благожелания, если я не хотел бы одновременно сообщить нечто научное» [117, с. 328]. И к письму была приложена работа «Наблюдения во время летнего солнцестояния 1814 г. для определения наклона эклиптики на Королевской обсерватории в Кенигсберге, выполненные Ф. В. Бесселем»⁴.

Бессель и прежде, до его избрания в Петербургскую Академию, состоял в научной переписке с ее непременным секретарем Н. И. Фуссом. Письма Бесселя читались на заседаниях Академии вместе с представлением присланных им работ. Впервые его имя упоминается в протоколах заседания 30 января 1811 г., когда секретарь ознакомил собравшихся с письмом Бесселя и представил его работу «Исследования видимой и истинной орбиты большой кометы 1807 г.»⁵. Затем на заседании 13 ноября 1811 г. было прочитано письмо Бесселя от 11 ноября (нов. ст.) 1811 г., содержащее научную информацию о наблюдениях покрытий звезд Луной, о четвертом спутнике Сатурна, который Бессель систематически наблюдал для уточнения массы Сатурна, о наблюдениях кометы 1811 г.⁶

В 1812 г. Петербургская Академия наук не получила ни одного письма Бесселя: сначала он не спешил с посланием, желая собрать и проанализировать все наблюдения кометы 1811 г. для уточнения ее орбиты [117, с. 323], затем почтовая связь с Россией была прервана из-за наполеоновского нашествия. Потому первое после изгнания Наполеона письмо, датированное 15 января (нов. ст.) 1813 г., начинается словами: «Я тоже пользуюсь восстановленной почтовой связью. . .» Это письмо было прочитано в Академии 20 января. К письму Бессель приложил статью «Некоторые результаты, извлеченные из Бродлеевских наблюдений»⁷, в которой приводятся элементы для редукций Грин-

⁴ Там же. Л. 65 об.

⁵ Там же. Д. 22. Л. 12.

⁶ Там же. Л. 124.

⁷ Там же. Д. 24. Л. 2.

вичских наблюдений, вошедшие затем в «Основания астрономии». «Моя работа имеет перед сходными менее пространными исследованиями то преимущество, — пишет Бессель в письме, — что она вся почерпнута из одного источника и, с исключением всех чужих результатов, основывается на одних наблюдениях Баддлея» [117, с. 324]. Бессель снабдил статью таблицами рефракции и изложил в ней свои соображения относительно физической двойственности некоторых звезд, уделив особое внимание звезде 61 Лебеда. В конце письма он упомянул о предоставлении Фуссу двух первых частей «Кенигсбергского архива»

До избрания Бесселя в Петербургскую Академию наук его письма читались также на заседаниях 28 апреля 1813 г. и 13 апреля 1814 г.⁸ В первом из них (от 15 апреля 1813 г.) Бессель сообщает, в частности, о завершении обработки наблюдений Баддлея; во втором (от 19 марта 1814 г.) — высказывает некоторые соображения об обработке наблюдений и исследовании инструментов [117, с. 326—327]. В письме от 27 декабря 1813 г. Бессель извещает Фусса об открытии своей обсерватории [117, с. 327].

В письмах в Академию, адресованных ее непременно секретарю Н. И. Фуссу, отразилось внимание Бесселя к астрономическим работам в России. Так, в письме от 15 января 1813 г. он пишет о наблюдениях большой кометы 1811 г.: «Сравнение петербургских наблюдений с моими элементами, которые я опубликовал в „Ежемесячных корреспонденциях“, показывает, как они прекрасно сходятся между собой и как ценны они будут для теории этого примечательного небесного тела» [117, с. 324]. В письме, датированном 15 апреля 1813 г., Бессель благодарит Фусса за «важное извещение о нахождении господином Вишневым кометы 1811 г.» и восхищается этим «непревзойденным наблюдателем комет, который уже во второй раз для большой пользы кометознания оставил далеко позади себя все старания других астрономов» [117, с. 326]. Русский астроном В. К. Вишневыкий, обладавший исключительно острым зрением, проводя наблюдения в Новочеркасске, вновь обнаружил «пропавшую» комету. Бессель пожелал получить результаты этих наблюдений, которые и были ему присланы позже Фуссом [117, с. 326].

⁸ Там же. Л. 31, 32.

Таким образом, Бессель имел научные контакты с Петербургской Академией наук почти с самого начала своей деятельности в Кенигсберге. Избрание почетным академиком еще более укрепило его связи с главным центром российской науки, и в последующие годы он регулярно присылал в Россию свои работы. В феврале 1816 г. Академия наук получила первый том «Наблюдений Кенигсбергской обсерватории»⁹, в 1818 г. — «Основания астрономии». Последнее письмо Бесселя неперемому секретарю Н. И. Фуссу датировано 15 марта 1826 г.¹⁰ Автор сообщал о высылке девятого тома своих «Наблюдений», не зная, что Н. И. Фусс умер 23 декабря 1825 г.

После смерти Н. И. Фусса неперемным секретарем Академии стал его сын Павел Николаевич Фусс, и теперь письма Бесселя адресованы уже ему. Переписка Бесселя с П. Н. Фуссом свидетельствует об оживленном научном обмене между Кенигсбергской обсерваторией и Петербургской Академией наук.

В протоколах общих собраний Петербургской Академии наук имя Бесселя за годы его жизни встречается 34 раза. В подавляющем большинстве случаев эти записи связаны с получением трудов астронома и сопровождающих их писем. Последняя, 35-я запись сделана 20 марта 1846 г., когда секретарь сообщил о получении от Иоганны Бессель извещения о смерти ее супруга — Ф. В. Бесселя. Собрание Петербургской Академии наук выразило ей свое соболезнование¹¹.

Ф. В. Бессель и В. Я. Струве

Среди творцов новой российской астрономии XIX в. наиболее деятельным и талантливым был младший современник Бесселя, выдающийся ученый и организатор науки, основатель Пулковской обсерватории Василий Яковлевич Струве. Многие годы двух астрономов связывало тесное научное сотрудничество, а их личные отношения были согреты чувствами взаимной симпатии и доброй дружбы. И если связи Бесселя с Петер-

⁹ Там же. Д. 27. Л. 16 об.

¹⁰ Сохранились 16 писем Бесселя Н. И. Фуссу, написанных в 1813—1826 гг. История этой переписки, а также переводы некоторых писем опубликованы академиком А. А. Михайловым [117].

¹¹ ЛО ААН. Ф. 1. Оп. 1а. Д. 74. Л. 61.

бургской Академией наук выражались по преимуществу в обмене научной информацией, то его деятельное сотрудничество со Струве носило практический характер и имело важные последствия для развития российской астрономии. Двух ученых объединяло глубокое понимание наиболее актуальных задач современной им астрономии, оба стремились к постоянному совершенствованию средств и методов исследований, каждый из них обогатил науку выдающимися достижениями. И даже в биографиях обоих астрономов можно проследить ряд параллелей, а подчас и совпадений ¹².



В. Я. Струве

Струве, как и Бессель, не готовил себя в юности к профессиональным занятиям астрономией. Четырнадцать лет он оставил родительский дом в Альтоне и в 1808 г. поступил в Дерптский (ныне Тартуский) университет в России, чтобы изучать филологию. Однако под влиянием ректора университета Г. Ф. Паррота он отказался от блестяще начатой карьеры филолога и с конца 1811 г. занялся исключительно астрономией. Таким образом, хотя Струве был на 9 лет моложе Бесселя, оба астронома начали самостоятельную во всех отношениях научную деятельность примерно в одно и то же время — в 1810-е годы, один в Кенигсберге, другой в Дерпте.

Оба ученых считали важнейшей задачей систематические наблюдения звезд, Солнца, Луны и планет для создания в конечном итоге точных каталогов положений звезд. Своеобразие условий каждой из обсерваторий, а также различие научных индивидуальностей астрономов обусловили конкретные пути решения этой задачи.

¹² Опыту сравнительной характеристики деятельности двух ученых посвящена статья автора «Ф. В. Бессель и В. Я. Струве» [128].

Безраздельно посвятив себя астрономии, Струве испытывал потребность в общении с коллегами по профессии, в изучении постановки дела на других обсерваториях. Летом 1814 г. он отправился в длительную поездку по Германии. И хотя это путешествие предпринималось для устройства личных семейных дел Струве, он предельно использовал пребывание в Германии в научных целях. Он посетил обсерватории в Гамбурге, Бремене, Лилиентале, Геттингене, Зеберге (Гота), Берлине и установил связи со многими астрономами — Ольберсом, Шретером, Гауссом, Гардингом, Линденау, Николаи, Боде. С большим вниманием Струве знакомился с оптико-механическим предприятием Репсольда в Гамбурге.

На обратном пути в Дерпт Струве заехал в Кенигсберг, чтобы лично познакомиться с Бесселем и осмотреть его обсерваторию. «21 октября 1814 г. я был обрадован посещением г-на профессора Струве, — писал Бессель об этой первой встрече, ставшей началом многолетнего научного сотрудничества и теплой дружбы двух астрономов. — В тот же день он наблюдал на пассажном инструменте Доллонда кульминацию α Лиры, а я сам — кульминацию α Андромеды и γ Пегаса» [24, с. VI]. Гость из России был немедленно привлечен к ночным наблюдениям, результаты которых Бессель использовал впоследствии для определения личной разности «Бессель — Струве» — явления, очень интересовавшего Бесселя (см. гл. 6). Струве ознакомился с обсерваторией, ее инструментами, с журналами наблюдений. Содержательные научные беседы с Бесселем оказались очень полезными для молодого ученого. Гость был поражен неукротимой энергией кенигсбергского астронома: подсчитав на досуге по журналу количество наблюдений Бесселя за один год существования обсерватории, Струве обнаружил, что их было около 8000! Дерптский профессор произвел на Бесселя благоприятное впечатление: «Кажется, он становится дельным практическим астрономом» [96, с. 201], — замечает Бессель в письме Гауссу после визита Струве.

Хотя Тарту и Калининград по нынешним понятиям находятся рядом, в те времена путешествие дилижансом из одного города в другой занимало несколько утомительных суток, и это обстоятельство вместе с постоянной занятостью ученых препятствовало их более частым личным встречам. Отсутствие непосредственных

контактов в какой-то мере компенсировалось перепиской двух астрономов ¹³.

Очередная встреча Бесселя и Струве в Кенигсберге стала следствием их постоянной заботы об улучшении инструментальных средств своих обсерваторий. Уже в первые годы работы в Кенигсберге Бессель убедился, что его меридианные инструменты — пассажный Доллонда и вертикальный круг Кери — не удовлетворяют тем стандартам точности, которым он стремился неизменно следовать. В 1814 г. Бессель начинает переговоры с фирмой Рейхенбаха в Мюнхене о постройке инструмента нового типа — меридианного круга. Спустя 5 лет лучший в то время меридианный инструмент — 4-футовый круг Рейхенбаха — был установлен в обсерватории. На этом инструменте Бессель выполнил одну из самых значительных своих научных программ — 12-летний ряд зонных наблюдений (см. гл. 7).

Дерптская обсерватория в то время вообще не располагала удовлетворительным прибором для определения склонений, и в 1817 г. Струве начал хлопотать о заказе у Рейхенбаха меридианного круга, подобного кенигсбергскому. Однако изготовление инструмента затянулось, и в 1820 г. Струве отправился к Рейхенбаху в Мюнхен, чтобы ускорить дело, а также заказать инструменты для предстоящих геодезических работ.

По пути домой в конце октября Василий Яковлевич снова посетил Кенигсберг, где, по словам его сына Отто, «вновь был вдохновлен общением с Бesselем» [220, с. 92]. О содержании бесед двух астрономов можно составить представление по отчету Струве о поездке: «Не останавливаясь нигде, прибыл я в Кенигсберг, чтобы провести несколько дней с первым в Европе практическим астрономом, профессором Бesselем, и чтобы точнее согласиться о предпринимаемых нами общих астрономических занятиях, о которых мы уже имели переписку, равно как и для того, чтобы заимствовать от него особенный способ потребления Рейхенбахова полуденного круга и увидеть, таким образом поставлен инструмент сей в Кенигсбергской обсерватории. На сей конец пробыл я в Кенигсберге 12 дней, и время сие, быть может, принесло мне столь же важную пользу в ученом отношении, как и пребывание в Мюнхене.

¹³ В Архиве АН ГДР хранятся 106 писем Струве Бesselю и столько же Бesselю Струве, написанных в 1814—1845 гг. [231].

Следствием наших совещаний было то, что профессор Бессель дал обещание постараться продолжить, сколько сие будет возможно, тригонометрическое измерение свое от Кенигсберга к российской границе на восток, до того самого места, откуда начнется измерение Остзейских провинций. Потом условились мы произвести важный астрономический труд, долженствующий занять обе обсерватории, по крайней мере, на пять лет. Предметом одного будет точнейшее определение положения всех, даже малейших звезд на небе с помощью новых полуденных кругов¹⁴, подобное тому, которое сделано было за 20 лет перед сим двумя Лаландами посредством не столь совершенных инструментов. Мы надеемся, что для большего совершенства сего труда примет в оном участие Абовская обсерватория, а может быть, и назначенная к учреждению в Южной России обсерватория¹⁵, в каком случае большая часть труда была бы произведена российскими астрономами.

Наконец, мы много рассуждали о сообразном поставлении инструментов при нынешнем состоянии астрономии и качестве аппаратов именно Рейхенбаховых. . . » [184, с. 214].

Таким образом, Струве знакомился в Кенигсберге со способом установки меридианного круга и методикой наблюдений на нем и обсудил с Бесселем планы будущих зонных наблюдений на новых инструментах. Астрономы согласились также о соединении в будущем русской и европейской геодезических сетей. Еще одним итогом этого визита было знакомство Василия Яковлевича с учеником и помощником Бесселя Ф. В. Аргеландером, ставшим с тех пор на многие годы другом семейства Струве.

Круг Рейхенбаха был доставлен в Дерпт только в 1822 г. Струве выполнил на нем заново определения широты своей обсерватории, положения точки весеннего равноденствия, наклона эклиптики, исследовал явление рефракции. Затем он занялся определением точных положений двойных звезд, всегда привлекавших его внимание. Результатом этой работы стал изданный в 1826 г. каталог двойных звезд.

Обе обсерватории нуждались также в обновлении

¹⁴ Т. е. меридианных кругов Рейхенбаха.

¹⁵ Речь идет об обсерватории в г. Николаеве, открытой в 1824 г.

телескопов-рефракторов. Скромный доллондовский экваториал у Бесселя и ахроматическая труба ТROUTОНА ($D=9,5$ см, $f=162$ см) на азимутальной установке у Струве не отличались высокими качествами и устарели морально, поэтому оба астронома помышляли о приобретении более совершенных приборов.

В 20-е годы XIX в. славой лучшего оптика Европы было окружено имя И. ФРАУНГОФЕРА, и именно в его мастерской снова пересекаются пути обоих астрономов. В 1820 г. Бессель заказал ФРАУНГОФЕРУ свой ставший впоследствии знаменитым гелиометр, а Струве — крупнейший в то время 9-дюймовый рефрактор, с помощью которого он позднее составил список всех двойных звезд до 8-й величины в зоне склонений от -15° до северного полюса мира, а затем приступил к точным микрометрическим измерениям расстояний и позиционных углов компонентов. Эту работу увенчал изданный в 1837 г. знаменитый труд В. Я. Струве «Микрометрические измерения двойных звезд», в рецензии на который Бессель, в частности, писал: «Доводим до сведения публики о труде величественном, труде, который может стать наряду с самыми огромными, произведенными посредством астрономических наблюдений в новейшее время, коему в этом отношении далеко уступают древние; труде, который относится к существенной и достопримечательной части познания неба неподвижных звезд. Ученое достоинство и наружный вид предлежащего сочинения соответствуют одно другому. Первое делает честь автору, последний — Петербургской Академии наук, издавшей это творение. Общие и громкие одобрения, снисканные виновником столь важного труда, приносят честь стране, где он живет» [62, с. 619]¹⁶.

С ФРАУНГОФЕРОВЫМИ инструментами связано и первое решение Бесселем и Струве знаменитой задачи астрономии об определении звездных параллаксов (см. гл. 8). В усилиях, направленных на решение этой задачи, проявились лучшие профессиональные и личностные качества двух ученых. Это и подбор самых совершенных средств наблюдений — телескопов ФРАУНГОФЕРА, и глубокая интуиция, позволившая из сотен тысяч звезд выбрать для измерений действительно ближайšie к Солнцу, и способность преодолевать огромные физические и психические нагрузки, связанные с ювелирной

¹⁶ Цит. по: [204, с. 398].

точности измерениями, и высокая требовательность к достоверности полученных результатов, и отсутствие каких бы то ни было признаков духа ненаучного соперничества. Измерения годичных параллаксов звезд были выполнены Бесселем и Струве во второй половине 30-х годов, а до этого времени их сотрудничество продолжалось как посредством переписки и обмена научными работами, так и в личных контактах.

В воспоминаниях Отто Струве, сына Василия Яковлевича, рассказывается о поездке всей семьи Струве (мать, отец и 8 детей, включая приемного сына Федора) летом 1830 г. на родину отца в Альтону. По пути семья 10 дней гостила в Кенигсберге у старшего брата Василия Яковлевича — Карла Струве, служившего здесь директором гимназии [220, с. 93]. Однако о встрече отца с Бесселем О. Струве ничего не говорит, хотя Бессель, по всей вероятности, был тогда в городе. Во время этой поездки Струве разместил заказы в немецких мастерских на геодезические инструменты, предназначенные для предстоящего градусного измерения в Финляндии. Он побывал также во Франции и Англии, где имел встречи с коллегами-астрономами.

В декабре 1830 г. он докладывал о результатах поездки на аудиенции у Николая I, когда, по словам Струве, «его величеству угодно было повелеть устроить обсерваторию в окрестностях столицы» [201, с. 48]. Речь шла об основании будущей главной обсерватории России — Пулковской. Российская империя крайне нуждалась в учреждении такого рода. В проекте, представленном от имени министерства народного просвещения, говорилось: «С.-Петербург, столица обширнейшего государства в свете, в течение более столетия не имеет обсерватории; ибо Академическая обсерватория, первая и в продолжение полувека единственная в империи¹⁷, ныне, по обветшалому своему устройству и несовершенному помещению в одной из многолюднейших частей города, а равно по совершенному почти недостатку новейшего устройства инструментов, далеко отстала от всех новейших заведений сего рода. . .

Что касается до пользы и даже необходимости обсерватории для северной столицы Империи, место-

¹⁷ Старая академическая обсерватория, открытая в 1725 г. над бывшим зданием Академии наук на набережной Невы в Петербурге.

пробывания университета, Морского корпуса и столь многих высших ученых и военно-учебных заведений, то сие кажется не подлежит никакому сомнению» [201, с. 49].

Строительные работы на вершине Пулковской горы начались спустя более чем три года после «высочайшего повеления» — весной 1834 г. Тогда же, в апреле, директором будущей обсерватории был утвержден В. Я. Струве. Летом 1834 г. он в своем новом качестве вновь отправился за границу для заказа «сколь возможно совершеннейших» [224, с. 10] инструментов для Пулкова. Имея с собой проект обсерватории, Струве считал весьма желательным обсудить его с ведущими астрономами Европы, и конечно же с Бесселем. Бессель стал первым иностранным ученым, высказавшим свое основательное суждение о проекте.

Василий Яковлевич прибыл с планами к своему другу в Кенигсберг в июне 1834 г. Насколько важным для Струве было мнение «первого астронома нашего времени» (как он называет Бесселя) [219, с. 107], свидетельствует его письмо, написанное в июле того же года П. Н. Фуссу из Альтоны. В нем, в частности, говорится: «Я покинул Дерпт 7 июня (ст. стиль — К. Л.) был 8 дней в Кенигсберге, 5 дней в Берлине и более 14 дней нахожусь здесь. Посещение первых двух мест, разговоры с Бесселем и Энке очень успокоили меня со всех точек зрения в отношении плана обсерватории. Все, что мы заметили, получило согласие и даже одобрение этих мужей, а также Шумахера здесь. Вы не поверите, как рассматривается за границей основание Пулковской обсерватории, — как событие беспримерное в истории науки, — и поэтому оно возбудило участие, далеко превосходящее все, что я мог себе представить. В частности, это участие было особенно оживленным в Берлине, так как там тоже заняты строительством новой обсерватории. . . Я . . . должен открыто сознаться, что мое посещение новой Берлинской обсерватории, близкой к завершению, не вызвало у меня ни малейшего желания что-либо изменить в наших проектах» [208, с. 409—410].

В обсуждении планов новой русской обсерватории приняли участие также А. Гумбольдт, Линденау, Ольберс, Штейнхель. Поддержка и одобрение известных астрономов придали Струве новую энергию. На обратном пути в Дерпт он вновь посетил Кенигсберг.

В ближайшие годы Василий Яковлевич, не прерывая научных и учебных занятий в Дерпте, постоянно бывал в Петербурге и на строительстве в Пулкове. В конце лета 1838 г. Струве выехал в Германию для приемки заказанных инструментов. Командировка продолжалась с 20 августа по 5 ноября. На обратном пути он снова приехал к Бесселю и рассказал ему о ходе строительства новой русской обсерватории. Эта встреча двух астрономов оказалась последней, хотя Василий Яковлевич не без оснований рассчитывал вскоре увидеть своего друга в России на открытии обсерватории.

Одним из основных приборов, построенных по заказу Струве для Пулкова, был репсольдовский меридианный круг. А спустя год «меридианный круг по образцу недавно построенного для Пулковской обсерватории» [150, с. 206] Репсольду заказывает Бессель. Этот инструмент, установленный в 1841 г., стал последним значительным приобретением Кенигсбергской обсерватории при жизни ее создателя. Меридианный круг Репсольда завершил список приборов бесселевской обсерватории, имевших аналоги у Струве: Это были сначала пассажные инструменты Доллонда, затем меридианные круги Рейхенбаха, рефракторы Фраунгофера и, наконец, меридианные круги Репсольда. В этой последовательности лучших для своего времени инструментов нашло отражение постоянное стремление обоих астрономов к непрерывному совершенствованию своих инструментальных средств.

Отпраздновав в декабре 1838 г. 25-летие своей профессорской деятельности в Дерпте, Струве весной 1839 г. окончательно переезжает в Пулково, чтобы непосредственно руководить строительством и оснащением обсерватории. Завершился дерптский период деятельности выдающегося астронома, в течение которого обсерватория в Дерпте обрела высокий научный авторитет. Среди русских обсерваторий она пользовалась таким же весом, как Кенигсбергская в Германии, а между двумя обсерваториями существовали прочные научные связи.

Русский астроном К. Д. Покровский писал в 1902 г.: «Дерпт и Кенигсберг являются двумя центрами, на которых сосредоточено внимание всего мира, потому что оттуда выходит все новое, свежее: новые методы, новые исследования, новые интересные и важные результаты. . . Духовная связь между Кенигсбергской и

Дерптской обсерваториями была настолько велика, что и теперь заставляет забывать о том расстоянии, которое их отделяет» [210, с. 49—50]. Этой связи в решающей мере способствовали личные научные и дружеские контакты руководителей двух обсерваторий — Бесселя и Струве.

Весной и летом 1839 г. Струве был поглощен многочисленными заботами, связанными с завершением строительства Пулковской обсерватории и с установкой ее инструментов. Когда в мае примерно определилась возможная дата открытия обсерватории, министр народного просвещения С. С. Уваров обратился к Николаю I за разрешением пригласить крупнейших европейских астрономов и создателей астрономической техники на это торжество. Разумеется, почетное место в списке приглашенных занимало имя Бесселя, и Василий Яковлевич предвкушал радостную встречу со своим старшим коллегой и другом в России в торжественный и счастливый для Струве час открытия его обсерватории. Однако этим ожиданиям не суждено было осуществиться: царь наложил на прошение Уварова резолюцию: «Не нам их звать, а им к нам проситься» [211, с. 172—173], — и Бесселю так и не пришлось побывать в России. На открытии Пулковской обсерватории 19 августа 1839 г. был представлен весь дипломатический корпус, но не было ни одного заграничного астронома.

С открытием новой обсерватории и назначением туда Струве центр российской астрономии переместился из Дерпта в Пулково, но это не нарушило научных и дружественных связей двух астрономов, по-прежнему обменивавшихся письмами. Когда в 1846 г. Бесселя не стало, Струве писал К. И. Теннеру: «Наука потеряла величайшего героя нашего столетия» [216, с. 203]. Василий Яковлевич навсегда сохранил благодарную память о своем великом друге. Одну из самых значительных своих работ «Средние положения неподвижных звезд, преимущественно двойных и кратных», изданную в 1852 г., он посвятил Ф. В. Бесселю и В. Гершелю.

Бесселева наука о теории и практике астрономических наблюдений (см. гл. 6) нашла в лице В. Я. Струве последовательного приверженца. Именно на Бесселевых принципах Василий Яковлевич строил деятельность Пулковской обсерватории, завоевавшей себе чрезвычайно высокий авторитет в XIX в. Но для Струве

эта наука была уже в большей мере инструментом, а не предметом исследований. Главные его научные интересы были связаны с зарождавшейся звездной астрономией. В трудах Струве получили широкое развитие начатые Дж. Гершелем исследования двойных и кратных звезд, и Василий Яковлевич по праву считается основателем учения об этих объектах. К звездной астрономии относятся и исследования Струве структуры Млечного Пути. В этой области его труды продолжают и развивают уходящие корнями в середину XVIII в. умозрительные идеи Т. Райта, И. Канта, И. Г. Ламберта о строении звездной Вселенной, а также основанные на крупномасштабных телескопических исследованиях выводы В. Гершеля.

Звездная астрономия, построенная на телескопических наблюдениях, — новая наука XIX в., и потому один из ее создателей — В. Я. Струве — является сравнительно с Бесселем представителем более позднего этапа развития астрономии. Это отразилось и в понимании каждым из астрономов задач своей науки. О точке зрения Бесселя уже говорилось в главе 4. Сопоставляя ее со взглядами Струве, советский астроном Б. А. Воронцов-Вельяминов писал: «Чрезвычайно характерно, что Струве рассматривал астрометрию и как основу для решения практических задач, и как основу для решения общих задач звездной астрономии. Это широкое понимание задач науки можно сопоставить с формалистическими воззрениями крупнейшего немецкого астрометриста Бесселя, современника Струве. Бессель считал, что задачей астрономии является только измерение положений и движений небесных светил и не интересовался их природой, устраняя тем самым конечную цель, ради которой производятся эти измерения» [174, с. 281]. Это высказывание создает впечатление, что Бесселево понимание задач астрономии, охарактеризованное как «формалистические воззрения», было какой-то ущербной чертой научной индивидуальности Бесселя. В действительности же оно явилось отражением в его научном сознании актуальнейшего требования *его времени* — требования коренной, глубокой перестройки позиционной астрономии. И именно на основе реформы, действительно совершенной Бесселем, стала возможной постановка тех новых звездно-астрономических задач, решением которых занимался В. Я. Струве, особенно в послебес-

селевский пулковский период. Эту мысль о принадлежности Бесселя и Струве к существенно пересекающимся, но все же несовпадающим стадиям развития астрономии подтверждает, в частности, вклад каждого из них в со-
здание «Каталога Вейссе».

Каталог Вейссе: вклад Бесселя и Струве

Звездный каталог «Средние положения неподвижных звезд. . .» [240], изданный после смерти Бесселя в 1846 г. Петербургской Академией наук и известный в литературе как «Каталог Вейссе», стал достойным памятником многолетнему научному содружеству Ф. В. Бесселя и В. Я. Струве. История этого монументального труда такова. В 1830 г. директор Краковской обсерватории Максимилиан Вейссе принялся за обработку части Бесселевых зонных наблюдений (см. гл. 7), выполненных в 1821—1825 гг. с целью сведения их в каталог на эпоху 1825,0. Каталог, включавший 31 895 звезд из экваториального пояса от -15° до $+15^\circ$ по склонению, был закончен к 1846 г., но политические события в Кракове помешали его изданию.

По решению Венского конгресса 1814—1815 гг. Краков получил статус «вольного города» и стал центром Краковской республики, находившейся под протекторатом Австрии, Пруссии и России. После раздела Польши тремя названными державами Краковская республика осталась единственным государственным образованием польского народа, сохранившим видимость политической самостоятельности. В 40-е годы республика стала одним из центров борьбы поляков за освобождение и объединение родины. Вспыхнувшее здесь в феврале 1846 г. полустихийное национально-освободительное восстание было подавлено армиями трех монархий. В ноябре 1846 г. Австрия, Пруссия и Россия заключили в Берлине соглашение, по которому упраздненная Краковская республика включалась в состав австрийской монархии. Наступившая в связи с этими событиями в Кракове жестокая политическая реакция преследовала любые проявления свободомыслия, и в этих условиях стало невозможным даже издание чисто научного труда — подготовленного Вейссе звездного каталога.

По предложению В. Я. Струве издание каталога взяла на себя Петербургская Академия наук, что, по

его словам, явилось «значительной услугой, оказанной науке нашей Академией» [219, с. 57]. Бесселевы наблюдения, составившие основу каталога, послужили Струве материалом для глубоких теоретических исследований в звездной астрономии. Результаты этих исследований были изложены на 50 страницах «Предисловия» к каталогу, которое стало, быть может, не менее «значительной услугой, оказанной науке» Петербургской Академией наук в лице ее члена В. Я. Струве, чем труд по изданию каталога.

Связанные с каталогом Вейссе изыскания Струве имеют два уровня. Первый включает статистическое исследование полноты каталога для звезд различных звездных величин от 1-й до 9-й и изучение статистики распределения звезд в экваториальной зоне по прямому восхождению. Полнота каталога оценивалась сравнением его с «Новой уранометрией» (1843) Аргеландера и каталогом Пиацци. «Новая уранометрия», включавшая только видимые невооруженным глазом звезды, служила для сравнения числа звезд 1—6-й величин, для звезд 1—9-й величин использовался каталог Пиацци. Однако последний каталог содержал очень мало звезд 9-й величины, и Струве дал оценку их числа в экваториальной зоне, исходя из теоретико-вероятностных соображений. В результате статистического анализа каталога Вейссе Струве получил приближенные данные об истинном распределении звезд по величинам и часам прямого восхождения в экваториальном поясе.

Эти данные послужили основой для исследований второго — теоретического уровня, на котором Струве делает выводы о пространственном распределении звезд и строении Млечного Пути. Для построения пространственной модели нашей звездной системы нужны были данные о линейных расстояниях до отдельных групп звезд. Этими данными астрономия тогда не располагала, и Струве в качестве статистической характеристики расстояний принял видимую звездную величину, полагая, что в среднем близкие звезды имеют больший блеск, чем далекие. При этом Струве определил степень поглощения света в космическом пространстве и учел это явление при оценке числа звезд разных классов блеска.

Анализ каталога Вейссе подтвердил ранее высказанные Струве мысли о концентрации звезд к галактической плоскости и нецентральной позиции Солнца

в Млечном Пути и расширил знания о строении Галактики.

Звездноастрономические исследования, начатые в «Предисловии» к каталогу Вейссе, получили дальнейшее развитие в известной книге В. Я. Струве «Этюды звездной астрономии» [219], вышедшей в свет в 1847 г. Можно утверждать поэтому, что в значительной мере наблюдения Бесселя побудили Струве к его теоретическим исследованиям в звездной астрономии и послужили для этих исследований фактическим материалом.

Каталог Вейссе с «Предисловием» Струве представляет собою, таким образом, синтетический труд трех астрономов: Бесселя, Вейссе и Струве. При этом фундаментом всей работы являются первоклассные наблюдения Бесселя — создателя высокоточной практической астрономии, без которой немислимыми были бы исследования следующего, теоретического уровня, выполненные Струве.

На издание в России каталога Вейссе откликнулся «Журнал министерства народного просвещения», поместивший статью «Новый каталог Бесселя» ординарного профессора Петербургского университета А. Н. Савича. «Этот каталог, — пишет автор статьи, — принадлежит к числу замечательнейших изданий, которыми обогатилась в последнее время астрономия, и свидетельствует о деятельности знаменитых ученых, расширивших во многих отношениях пределы наших сведений о звездном небе» [133, с. 152].

Российские ученые — коллеги и ученики Бесселя

Связи Бесселя с представителями российской науки не ограничивались его сотрудничеством с В. Я. Струве: многие ученые из России имели контакты с кенигсбергским астрономом лично или посредством научной переписки.

В 1819 г. по поручению Совета Виленского университета в Германии, Великобритании и Франции побывал молодой астроном, доктор философии Петр Славинский. Цель его поездки — ознакомление с оснащением и опытом работы ряда европейских обсерваторий, а также приобретение новых инструментов для Виленской обсерватории. В конце лета 1819 г. Славинский приехал в Кенигсберг к Бесселю. В это время наблюдения на двух меридианных инструментах — пассаж-

ном и вертикальном кругах — были уже прекращены, так как обсерватория готовилась к приемке нового меридианного круга Рейхенбаха. Виленский астроном тщательно изучил методику наблюдений Бесселя и его инструменты и составил их подробное описание¹⁸. Он описал также конструкцию подготовленных для нового меридианного круга каменных опор. В сентябре Славинский покинул Кенигсберг. Бессель снабдил его рекомендательным письмом к Гауссу, в котором писал: «Вы получите это письмо через г-на Славинского, который в течение пяти лет был помощником г-на Снядецкого в Вильне; он путешествует, чтобы познакомиться с астрономическими учреждениями. Дружеские приветствия, которые он привез мне от Сняцкого, так же как и просьба направить к Вам г-на Славинского, побуждают меня представить его Вам» [96, с. 305].

Упомянутый в письме польский астроном Ян Ба-тист Сняцкий был директором Виленской обсерватории в 1806—1824 гг. и ректором Виленского университета в 1807—1815 гг. Сняцкий состоял в переписке с Бесселем и даже предпринял совместно с ним определение разности долгот Вильно и Кенигсберга по наблюдениям солнечного затмения 4 мая 1818 г. Несколько позже Сняцкий участвовал в реализации бесселевского плана определения разности долгот ряда обсерваторий по измерению расстояний Луны от выбранных звезд. К наблюдениям по этому плану Бессель привлек Гаусса, Зольднера, Николаи и Энке. «Он приглашает меня принять участие в этой работе и прислал мне положение звезд для некоторых дней текущего месяца, с которыми он будет сравнивать положение Луны, — писал Сняцкий в письме к Боду 21 августа 1820 г. — Я охотно принимаю это приглашение, хотя мои инструменты и не обладают такой точностью, как инструменты господина Бесселя» [225, с. 330].

Бессель регулярно посылал в Вильно тома «Наблюдений Кенигсбергской обсерватории»; Ян Сняцкий получил также экземпляр «Оснований астрономии»¹⁹.

¹⁸ Отчет П. Славинского хранится в Отделе рукописей библиотеки Вильнюсского университета. С отчетом автора познакомил Л. А. Климка.

¹⁹ В Вильнюсском университете хранятся 17 писем Бесселя за 1816—1828 гг. Об этом сообщила С. П. Матулайтите в феврале 1984 г. на юбилейном заседании СНОИФЕТ, посвященном 200-летию Бесселя.

В 1825 г. П. Славинский сменил Снядецкого на посту директора обсерватории и управлял ею до 1843 г.

В июле 1825 г. Бесселя посетил директор недавно учрежденной на юге России Николаевской обсерватории Карл Христофорович Кнорре, сын первого директора Дерптской обсерватории Э. Ф. К. Кнорре, ученик В. Я. Струве в Дерптском университете²⁰. 14 и 15 июля Бессель и Кнорре наблюдали кульминации звезд на меридианном круге, чтобы установить личную разность «Бессель—Кнорре». Оказалось, что Кнорре регистрирует момент кульминации в среднем на 1,016 с позже Бесселя [35, с. III]. Кнорре имел обстоятельные беседы с Бесселем, оказавшиеся весьма плодотворными для будущих работ Николаевской обсерватории. Он согласился с предложением Бесселя принять участие в вычислениях для «Кенигсбергских таблиц», а также выразил готовность сотрудничать с ним в составлении карт звездного неба. По словам А. Н. Савича, «между многими особами, участвовавшими в этом предприятии, с особенным успехом трудился знаменитый наш ученый, астроном Черноморского флота г. Кнорре» [133, с. 154]. Кнорре начал наблюдения с 1832 г., когда в Николаеве был установлен меридианный круг Эртеля. В соответствии с планами Бесселя он работал над составлением 5-го листа (от 3^h56^m до 5^h54^m по прямому восхождению, от -15° до $+15^\circ$ по склонению) Берлинских академических звездных карт. С помощью этого листа была открыта в 1845 г. пятая малая планета Астрея, а в 1847 г. — восьмая, получившая название Флора [177, с. 151].

Не избежала влияния Бесселя и учрежденная в 1831 г. обсерватория Московского университета. Дмитрий Матвеевич Перовошиков, перед тем как выбрать место для ее строительства на Трех Горах у Пресненской заставы на высоком берегу Москвы-реки, тщательно изучил местоположение ряда европейских и русских обсерваторий, в том числе Кенигсбергской и Дерптской. Расположение этих двух обсерваторий он счел наилучшим и принял за образец при подборе места для Московской обсерватории [172, с. 196]. Преемником Перовошикова на кафедре астрономии в универ-

²⁰ Познакомившись лично, Бессель и Кнорре в дальнейшем обменивались письмами. В Архиве АН ГДР хранятся 7 писем Кнорре Бесселю, написанных в 1825—1835 гг. [231].

ситете стал его ученик, будущий профессор Московского университета (с 1851 г.) Александр Николаевич Драшусов. В 1840 г. Драшусов возвратился из более чем двухлетней научной поездки за границу. Последние месяцы своей командировки он стажировался у Бесселя в Кенигсберге, овладевая там мастерством ведения наблюдений и их обработки. Превосходный наблюдатель, много сделавший для университетской обсерватории, Драшусов, к сожалению, вынужден был оставить кафедру астрономии из-за болезни.

В 1845 г. помощником Драшусова в обсерватории был назначен Богдан Яковлевич (Каспар Готтфрид) Швейцер, швейцарец по происхождению, приехавший в Москву из Пулкова. Получив образование в Цюрихе, Швейцер в 1839—1841 гг. работал под руководством Бесселя в его обсерватории и слушал лекции своего учителя в университете. Определив географические координаты ряда пунктов в Москве и ее окрестностях, Швейцер защитил в Кенигсберге (1850 г.) докторскую диссертацию. В 1855 г. он стал директором Московской обсерватории. Проводя параллель между двумя обсерваториями — Московской и Кенигсбергской, — Швейцер писал: «Наша обсерватория имеет положение, во многих отношениях сходное с положением знаменитой обсерватории Бесселя в Кенигсберге, в Пруссии. Эта последняя находится также в западном конце города, так же почва на юге быстро понижается к Прегелю, который, так же как у нас Москва-река, течет недалеко от обсерватории» [226, с. 4].

Таким образом, едва ли не все ведущие астрономы России, возглавлявшие русские астрономические учреждения в первой половине XIX в., были в той или иной мере связаны с Бesselем и испытали его влияние. Обсерватории Дерпта, Петербурга и Пулкова, Вильно и Москвы, Николаева и Або в лице своих директоров поддерживали регулярные контакты с Кенигсбергом. В. Я. Струве был постоянным корреспондентом и личным другом Бесселя, Драшусов и Швейцер стажировались в его обсерватории, Славинский и Кнорре посещали его в Кенигсберге с научными целями. Директор Петербургской академической обсерватории Ф. И. Шуберт состоял в научной переписке с Бesselем, так же как и директор Виленской обсерватории Снядецкий. Русский адмирал Алексей Самуилович Грейг, построивший обсерваторию в Николаеве, также был

в числе корреспондентов Бесселя. В частности, Грейг получил три экземпляра «Оснований астрономии» после их издания в 1818 г. Талантливый ученик Бесселя член-корреспондент Петербургской Академии наук Ф. В. Аргеландер возглавлял в 1823—1832 гг. обсерваторию в Або (в то время — русская часть Финляндии, ныне г. Турку). Другой ученик Бесселя, Х. И. Петерс, также член-корреспондент Петербургской Академии наук, стал в 1839 г. помощником В. Я. Струве в Пулкове. Казанский университет в знак признания заслуг Бесселя избрал его своим почетным членом.

Среди корреспондентов Бесселя в России были не только астрономы. С 1836 г. он переписывался, например, с директором Главной физической обсерватории, организатором русской регулярной сети магнитных и метеорологических измерений Адольфом Яковлевичем Купфером. Купфер приложил немало усилий к созданию научно обоснованной метеорологической системы в России и именно об этой проблеме вел переписку с Бесселем²¹. Ученые встречались в Берлине летом 1839 г., где Купфер имел возможность осмотреть приготовленный Бесселем эталон длины в три прусских фута. Работу Бесселя о нормальных мерах Купфер послал в Россию [207, с. 99], в штаб корпуса горных инженеров.

Бессель живо интересовался научными результатами первой русской кругосветной экспедиции 1803—1806 гг. под руководством Ивана Федоровича Крузенштерна и Юрия Федоровича Лисянского. Он даже написал рецензию [9] на третий том книги Крузенштерна о кругосветном плавании. Занимаясь исследованием явления рефракции, Бессель воспользовался наблюдениями Крузенштерна над барометрическим давлением. Объединив их с данными А. Гумбольдта и подвергнув гармоническому анализу, Бессель обнаружил два максимума давления около 11 часов и 21 часа и два минимума около 4 и 16 часов [117, с. 327]. Он предположил, что это явление связано с солнечным излучением. И. Ф. Крузенштерн также был корреспондентом Бесселя: в Архиве АН ГДР хранятся два его письма к Бесселю, написанные в 1814 и 1828 гг. [231, с. 534].

В Кенигсбергском университете среди учеников

²¹ В ЛО ААН хранится письмо Бесселя Купферу (Ф. 32. Оп. 2. Д. 12) от 19 мая 1838 г. с изложением работ Бесселя по созданию нормальной меры. Судя по почерку, письмо написано не самим Бесселем.

профессора Бесселя были и слушатели из России. Так, в 1836—1838 гг. его лекции по геодезии посещали будущие русские профессора математики Н. Д. Соколов и А. Н. Тихомандрицкий и физик М. Ф. Спасский, ставший с 1854 г. деканом физико-математического факультета Московского университета [188, с. 672].

В 1844 г. Бессель посетил молодой математик из г. Белостока (в то время русская часть Польши) Э. Я. Слонимский, продемонстрировавший изобретенное им механическое устройство для умножения и деления целых чисел и извлечения корней. Одобрение Бесселем этого изобретения способствовало признанию Слонимского Петербургской Академией наук [189].

Особенно тесные контакты, связанные с геодезической практикой, Бессель имел с геодезистами России.

Участие Бесселя в русских геодезических работах

Развитие промышленности и торговли в России в первой половине XIX в. и, как следствие, расширение внутрисоциальных коммуникаций и освоение новых земель стимулировали производство геодезических и картографических работ. В свою очередь, опыт войн с Наполеоном выявил недостаточную топографическую обеспеченность русских армий. Новые условия ведения войны со свойственной им стремительностью боевых действий, не оставлявшей зачастую времени для детального изучения топографии места боя, требовали заблаговременного тщательного картографирования местности. Поэтому сразу же после окончания наполеоновских войн, в 1816 г., Главный штаб русской армии принимает решение покрыть западные приграничные провинции России непрерывной триангуляционной сетью и на ее основе выполнить точное картографирование этих территорий. Триангуляционные работы, имевшие важное хозяйственное и оборонное значение, представляли также богатый материал для теоретических исследований фигуры и размеров Земли (см. гл. 10).

В выполнении русской программы астрономо-геодезических работ принимала участие большая группа ученых и практиков, однако наибольшие заслуги в этой области принадлежат Карлу Ивановичу Теннеру и Василию Яковлевичу Струве. Под руководством Теннера был выполнен основной объем высокоточных практических измерений; Струве, также принимавший уча-

стие в полевых работах, был все же в первую очередь автором теоретических изысканий и глубоких научных выводов в геодезии. «Соединение науки с практикой вполне осуществилось, и Россия заняла в высшей геодезии такое место, какое вряд ли удалось достигнуть иным путем» [164], — писал немецкий геодезист Н. Я. Байер, работавший вместе с Бесселем над Прусским градусным измерением (гл. 10).

Действительно, выполненное по инициативе и при непосредственном участии Теннера и Струве в 1816—1855 гг. образцовое по точности Русско-Скандинавское градусное измерение не имело себе равных в мире. Была измерена дуга меридиана протяженностью 2880 км, простиравшаяся на $25^{\circ}20'$ от Фугленеса на берегу Ледовитого океана в Норвегии до Старо-Некрасовки в устье Дуная.

Идея этого грандиозного научного предприятия пришла независимо Теннеру и Струве, занимавшимся построением триангуляционных сетей в 1816—1822 гг. в Виленской губернии (Теннер) и в 1816—1819 гг. в Лифляндии (Струве). На базе этих триангуляций каждый из геодезистов решил измерить дугу меридиана. Теннер измерил дугу протяженностью $4^{\circ}32'$ между южным пунктом Белин в Гродненской губернии и северным Бристен в Курляндии. Измерение было выполнено с весьма высоким качеством, чему в немалой степени способствовал примененный Теннером способ Бесселя (1824 г.) определения широт по наблюдениям пассажным инструментом зенитных звезд в первом вертикале [199, с. 76]. Работы по градусному измерению были завершены Теннером в 1827 г. В этом же году Струве закончил полевые работы своего градусного измерения между пунктом Крейцбург в Лифляндии и островом Гогланд в Финском заливе. Лифляндская дуга Струве составила $3^{\circ}35'$. Разность широт пунктов Бристен и Крейцбург оказалась равной $4^{\circ}47''$, а расстояние между ними составило всего лишь 35 км.

Учитывая такую близость конечных пунктов двух дуг, Теннер в ноябре 1827 г. предложил объединить Литовское и Лифляндское градусные измерения [199, с. 78], для чего достаточно было проложить еще 2—3 треугольника. Получив разрешение на осуществление этого плана, он в январе 1828 г. приехал в Дерпт [199, с. 178], чтобы познакомиться со Струве и договориться с ним о проведении работ. 23 февраля 1828 г.

между Теннером и Струве было подписано «Соглашение о работах для соединения обоих градусных измерений в России» [216, с. 169], в котором, в частности, оговаривалось распределение обязанностей: Теннер должен был осуществить тригонометрическую связь, Струве — астрономическую. Для контроля результатов обоим геодезистам надлежало определить независимой длины сторон треугольников и высоты их вершин над уровнем Балтийского моря. «Для того чтобы это соединение обеих работ в одну имело бесспорно надежную точность, — говорилось в конце „Соглашения“, — ни один из них не сообщает другому полученные значения сторон и высот. Посторонние лица получают от обоих запечатанные результаты и откроют их одновременно для того, чтобы вынести их приговор относительно согласованности результатов.

Согласно общему положению, этот труд могли бы взять на себя его превосходительство, господин генерал-майор и кавалер фон Шуберт, начальник Картографического депо имп. Генерального штаба в Петербурге, и господин профессор Бессель, астроном в Кенигсберге» [216, с. 170].

Обращение российских геодезистов к Бесселю свидетельствует о его высоком авторитете в вопросах геодезии даже за пределами его родины. Этот факт тем более примечателен, что слава Бесселя-геодезиста была еще впереди: его главное геодезическое исследование — градусное измерение в Восточной Пруссии — было начато спустя три года. Теннер, как и Струве, очень дорожил мнением Бесселя. «Было очень лестно читать сообщенное нам мнение нашего превосходнейшего Бесселя, — писал Теннер Струве в одном из писем в июле 1828 г. — Во всяком случае, лестное мнение о наших работах этого великого астронома чрезвычайно ободряет» [216, с. 175].

Результаты своих измерений Струве послал Бесселю и Ф. Ф. Шуберту в конце 1829 г., Теннер — в начале 1831 г. Уже 5 февраля 1831 г. Бессель написал Теннеру ответ [116, с. 192], к которому приложил «Записку о соединении обоих Русских градусных измерений, распространившихся по широте свыше восьми градусов» [116, с. 193]. Бессель, как и Шуберт, подтверждал высокую точность работ Струве и Теннера и заключал «Записку» словами: «Проведенная с таким тщанием работа, как русская, достойна того.

чтобы потрудиться над последовательными точными вычислениями» [116, с. 194].

Объединенное Литовско-Лифляндское градусное измерение послужило основой для выполнения в последующие годы грандиозного Русско-Скандинавского градусного измерения.

Крупные триангуляционные работы, законченные Струве в 1819 г., а Теннером в 1822 г. в западных приграничных губерниях России, наводили на мысль о соединении в единую сеть триангуляций России и Западной Европы. Для осуществления этой идеи требовалось в местах наибольшего сближения русской и европейской сетей проложить недостающие треугольники. Подходящим местом соединения русской и прусской триангуляций был район Мемеля — Кенигсберга. По-видимому, впервые вопрос о возможности такого соединения обсуждался Бесселем и Струве в Кенигсберге осенью 1820 г., о чем упоминается в цитированном уже отчете Струве (с. 114). Бессель, занятый в последующие годы программой зонных наблюдений, не смог тогда же приступить к триангуляционным работам, однако идею эту не оставил. Она снова обсуждалась им с К. И. Теннером, посетившим Кенигсберг в 1824 г. Об этой встрече Бессель писал в Петербург академику Ф. И. Шуберту: «Несколько недель тому назад я имел удовольствие видеть у себя генерала фон Теннера, остановившегося у меня проездом; он сообщил мне много сведений о его крупных геодезических работах, которые уже доведены до нашей границы и которые, с другой стороны, примыкают к рядам, проложенным Вашим сыном и профессором Струве. Так как все эти измерения, по-видимому, произведены очень тщательно, то было бы целесообразно связать Петербург, Дерпт, Вильно и Або с Кенигсбергом. Это требует лишь около пяти или шести треугольников на прусской территории; если же пожелали бы иметь контроль, то можно было бы провести еще один подобный ряд [треугольников], который простирался бы прямо с востока на Кенигсберг. Я бы очень желал принять участие в этом предприятии» [101, с. 799].

Разумеется, ученого такого масштаба, как Бессель, привлекала не столько сама по себе, пусть весьма значительная, идея соединения триангуляций, осуществление которой связало бы в единую тригонометрическую систему триангуляционные сети от острова

Форментера в Средиземном море и северного побережья Англии до южного конца дуги Теннера и северного конца дуги Струве в России. Соглашаясь на это предприятие, Бессель имел в виду далеко идущие научные цели: на базе своей триангуляции он предполагал выполнить самостоятельное градусное измерение.

Весной 1830 г. Теннеру было поручено от имени русского правительства составить план соединительных работ. Решение вопроса с прусской стороны затягивалось, и только летом 1831 г. Бессель получил разрешение прусского Генерального штаба на начало триангуляции. Однако из-за эпидемии холеры едва начавшаяся подготовка к полевым измерениям была прервана и возобновилась лишь в следующем году. Осенью 1832 г. Бессель в Теннер встретились в Мемеле, где подписали окончательное соглашение о выполнении соединительных работ. Теннер закончил полевые работы 5 ноября, а в мае 1833 г. сообщил Бесселю свои результаты. Бессель представил Теннеру окончательные итоги своих измерений только 5 января 1837 г. [199, с. 66], так как они были больше по объему и включали измерение базиса и прокладку сети треугольников до Мемеля (см. гл. 10). Так трудами русских и немецких геодезистов соединились в единую систему российская и западноевропейская триангуляционные сети. Эта международная научная программа, выполненная под руководством выдающихся ученых, послужила не только научным и практическим целям, но и явилась примером плодотворного сотрудничества ученых двух стран.

Общение с Теннером оставило самое благоприятное впечатление у Бесселя. В. Я. Струве, работая в 1856 г. над историческим введением в книгу о градусном измерении, просил Теннера сообщить некоторые данные о его геодезических работах. При этом Струве писал: «Желательно также, чтобы Вы объяснили свое личное знакомство с Бесселем и постоянные многолетние Ваши с ним отношения, потому что как высоко ценил Вас Бессель, это я слышал из собственных его уст» [216, с. 219]. Эти слова свидетельствуют о высокой престижности, которую имело в глазах астрономов и геодезистов знакомство с великим Бесселем. (О значении для России геодезических работ Бесселя говорится в гл. 10.)

В 1833 г. Бессель принял участие еще в одном международном научно-практическом мероприятии, организованном директором Военно-топографического депо Главного штаба России Федором Федоровичем Шубертом, — Большой балтийской хронометрической экспедиции. Хронометрические экспедиции в XVIII — первой половине XIX в. (до изобретения электрического телеграфа) служили эффективным средством решения непростой по тем временам и очень важной для геодезии, навигации и картографии задачи определения разности географических долгот двух пунктов. Метод состоял в том, что идущий по местному времени данной обсерватории хронометр перевозился в пункт, долгота которого определялась относительно исходной обсерватории; затем в пункте с искомой долготой из астрономических наблюдений определялась поправка хронометра относительно местного времени. Эта поправка равна разности местных времен двух пунктов в один и тот же момент, т. е. совпадает с разностью географических долгот этих пунктов, выраженной в часовой мере.

Реализация этой простой идеи на практике осложняется тем, что между измерениями в двух пунктах проходит время, подчас значительное, потребное на перевозку хронометра, который не может идти идеально равномерно. Следовательно, необходимо точно знать ход хронометра, т. е. время, на которое он «спешит» или «отстает», например, за сутки. Ошибка от хода хронометра будет, вообще говоря, тем значительнее, чем больше расстояние между пунктами (точнее, время перевозки). Поэтому на практике старались как можно скорее и со всевозможным тщанием доставить хронометр в определяемый пункт, а затем для определения хода столь же быстро возвратить в исходный пункт. Кроме того, для уменьшения ошибок использовался не один хронометр, а максимально возможное их количество (до нескольких десятков), и операция перевозки повторялась несколько раз.

Когда в 1828 г. Ф. Ф. Шуберт был назначен русским правительством начальником работ по картографированию Балтийского моря, он столкнулся с тем, что никакой основы для этой работы не было. Триангуляционных сетей на побережье не существовало. Лишь для двух пунктов — Петербурга и Кенигсберга — обе географические координаты были определены точными

астрономическими методами. Долготы других пунктов определялись относительно Петербурга и Кенигсберга очень грубо по времени перехода кораблей [200, с. 46]. Правительство России обратилось к правительствам Пруссии, Швеции и Дании с предложением провести общими усилиями хронометрическую экспедицию с целью определения долгот ряда пунктов Балтийского побережья и островов. Когда согласие было получено, Шуберт просил Бесселя, А. Гумбольдта, Шумахера, Аргеландера принять непосредственное участие в этой работе и выбрать подходящие пункты в своих странах. Ответственным за астрономическую сторону предприятия был назначен В. Я. Струве.

В письме на имя Ф. Ф. Шуберта от 20 апреля 1833 г.²² Бессель подтверждал свое согласие принять участие в хронометрической экспедиции и подробно описал способ «передачи» времени из Кенигсбергской обсерватории в порт Пиллау²³, куда должно было зайти русское экспедиционное судно «Геркулес». Синхронизацию наблюдений в Кенигсберге и в небольшой временной обсерватории в Пиллау Бессель предлагал осуществить с помощью засечки из обоих пунктов серии пороховых вспышек на башне замка Бальга. Последующая подготовка Бесселя к этим работам и их осуществление описано им в письмах Ф. Ф. Шуберту в мае — августе 1833 г.²⁴

Экспедиция началась 26 мая 1833 г., когда «Геркулес» с 56 хронометрами вышел из порта Кронштадт в первый рейс. За три рейса, последний из которых завершился в Кронштадте 18 сентября, были определены долготы 18 пунктов Балтийского побережья и островов; относительно них более простыми тригонометрическими методами были найдены долготы еще 22 пунктов [216, с. 193]. В первом и втором рейсах, а именно 31 мая и 16 июля, «Геркулес» заходил в Пиллау, куда Бессель «доставлял» точное время. С этой целью им были организованы серии синхронных наблюдений пороховых вспышек 1—13 июня и 1—28 июля²⁵.

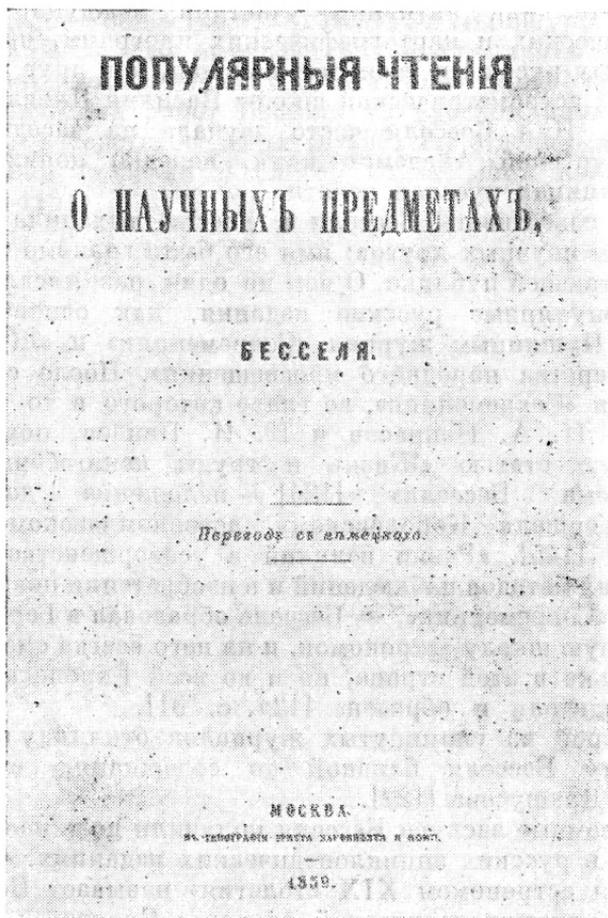
Результаты Балтийской хронометрической экспедиции — еще одной международной научной программы,

²² ЛО ААН. Ф. 139. Оп. 1. Д. 67. Л. 460.

²³ Ныне г. Балтийск Калининградской области.

²⁴ ЛО ААН. Ф. 139. Оп. 1. Д. 67. Л. 461—470.

²⁵ Там же. Л. 466 и 469.



Титульный лист «Популярных чтений» — первой книги Бесселя на русском языке

организованной русскими учеными, — послужили хорошей координатной опорой для последующих картографических работ.

Таким образом, в сообществе русских ученых Бессель был известен как иностранный член Петербургской Академии наук и почетный член Казанского университета, коллега и научный корреспондент ряда выдающихся представителей российской науки, как старший наставник и добрый советчик многих ведущих астрономов России, учитель русских студентов в уни-

верситете, как активный участник международных геодезических и картографических программ, организованных русскими учеными; наконец, как друг главы русской астрометрической школы Василия Яковлевича Струве. Имя Бесселя часто звучало на заседаниях Петербургской Академии наук, нередко появлялось на страницах русской печати.

Но известность Бесселя в России выходила и за пределы научных кругов: имя его было знакомо широкой читающей публике. О нем не один раз писали такие популярные русские издания, как основанный А. С. Пушкиным журнал «Современник» и «Журнал министерства народного просвещения». После смерти Бесселя «Современник», во главе которого в то время стояли Н. А. Некрасов и И. И. Панаев, поместил большую статью «Жизнь и труды кенигсбергского астронома Бесселя» [124] — изложение доклада Дж. Гершеля Королевскому астрономическому обществу [145]. «Равно великий в усовершенствовании прежних методов наблюдений и в изобретении новых, — пишет «Современник», — Бессель образовал в Германии новейшую школу астрономов, и на него всегда смотрели не только в этой стране, но и во всей Европе как на руководителя и образец» [124, с. 31].

Второй из упомянутых журналов откликнулся на кончину Бесселя близкой по содержанию статьей А. Н. Драшусова [122].

Огромные заслуги Бесселя получили должное отражение в русских энциклопедических изданиях. «Величайшим астрономом XIX столетия» называет Бесселя «Новый энциклопедический словарь» Брокгауза и Ефрона. В посвященной ему статье дана очень высокая оценка Бесселю-ученому: «Работы Бесселя имеют вполне исключительное значение в астрономии. Трудно представить себе более полное сочетание гениального теоретика с блестящим практиком; введенные им приемы наблюдений и методы их обработки до сих пор служат непревзойденными образцами. Бессель может считаться идеалом астронома» [120, с. 269]. Материалы об ученом помещены также в других русских энциклопедических изданиях.

На русском языке были изданы в Москве в 1859 г. «Популярные чтения о научных предметах» [99] — лекции, читанные Бесселем в Кенигсбергском физико-эко-

номическом обществе²⁶. В 1866 г. в Петербурге вышла работа Бесселя «О вычислении долгот и широт при геодезических измерениях» [100]. Наиболее полное собрание геодезических работ Бесселя на русском языке было издано в советское время (в 1961 г.) отдельным томом «Высшая геодезия и способ наименьших квадратов» [102—115].

²⁶ Хранящиеся в Государственной библиотеке им. В. И. Ленина и Библиотеке АН СССР идентичные между собой экземпляры этой книги содержат только две лекции Бесселя: «О мере и весе» и «Прилив и отлив» (не полностью). Далее в книге идет работа К. Гаусса «Теория движения небесных тел». По-видимому, полностью «Популярные чтения» на русском языке не издавались.

Глава 6

Пути и средства обновления астрономии

Широк был круг научных интересов Бесселя, однако главные его работы и важнейшие результаты связаны с практической астрономией, понимаемой в том широком смысле, который вкладывался в это понятие во времена Бесселя. В противовес астрономии теоретической (или как тогда говорили «физической»), к практической астрономии относили всю совокупность знаний и методов, связанных с теорией и практикой астрономических наблюдений и их обработки. Важнейшим продуктом этой науки был звездный каталог — список точных положений некоторого числа выбранных звезд. Путь до этой конечной цели — составления звездного каталога — был долог и непрост и начинался задолго до самого акта наблюдения с выбора подходящей конструкции инструмента и тщательного исследования его индивидуальных особенностей. А между началом и концом этого пути лежала огромная наблюдательная и вычислительная работа.

Бесселя заслуженно называют реформатором практической астрономии, и в этом нет преувеличения, ибо все звенья трудоемкой последовательности действий — от продумывания конструкции приборов до непосредственного составления звездного каталога — были коренным образом переработаны или впервые созданы его трудами. Одним из итогов этой реформы явилось повышение на порядок точности определения координат светил, что открыло путь дальнейшему прогрессу астрономии. Вклад Бесселя в науку состоит, таким образом, из двух неразрывно связанных частей: из того, *что* сделано, и из того, *как* сделано. Без второго не могло быть и первого: без виртуозного наблюдателя Бесселя, досконально знавшего все тонкости своего инструмента, без вдумчивого математика-вычислителя Бесселя не могло быть Бесселя — автора

фундаментальных научных достижений. О второй стороне научного наследия ученого — путях и средствах коренного переустройства астрономии — пойдет речь в настоящей главе.

Бесселево учение об инструментальных и личных ошибках наблюдений

В течение столетий основным источником повышения точности наблюдений служило совершенствование конструкции астрономических измерительных приборов. Но уже в первые десятилетия XIX в. искусство изготовления классических астрометрических инструментов достигло такого совершенства, что надеяться на радикальное повышение качества наблюдений лишь за счет дальнейшего улучшения оптической измерительной техники уже не приходилось. В то же время как проблемы фундаментальной науки, так и задачи практики предъявляли все более жесткие требования к точности данных о положениях и движениях небесных объектов.

Громадный Бесселев опыт астронома-практика подсказал ему не одну плодотворную идею по совершенствованию конструкции инструментов, нашедшую воплощение в практике. По словам С. Ньюкома, «улучшение механических частей и измерительных приспособлений шло вперед благодаря идеям и трудам астрономов, часто даже по их почину. Без тесного взаимодействия таких астрономов, как Бессель и Струве, с такими механиками, каковы Рейхенбах, Эртель и в особенности Репсольд, астрономические измерительные инструменты, именно немецкие, едва ли достигли бы того совершенства, которое выгодно отличает их и теперь» [202, с. 143]. Но не на этом пути совершилась глубокая реформа практической астрономии.

«Путь прогресса, гораздо более важный и надежный, нежели чисто механические улучшения, был указан Бесселем, — писала историк астрономии А. Кларк. — Введенная и разработанная им *строгая теория инструментальных ошибок* (курсив наш — К. Л.) создала, можно сказать, новую эру наблюдений» [191, с. 192]. Основу Бесселевой теории составил принцип, в соответствии с которым результат непосредственного наблюдения, отягченный неизбежными ошибками инстру-

мента и наблюдателя, может быть существенно улучшен, если изучить и учесть отклонения реального физического инструмента от его безошибочного абстрактного математического идеала. Формулируя этот принцип, Бессель писал: «Каждый инструмент. . . изготавливается дважды: сначала в мастерской — из латуни и стали, а затем вторично — астрономом на бумаге при помощи списка необходимых поправок, которые он получает при своем исследовании» [90, с. 432]¹. Исключительная заслуга Бесселя состоит в том, что он впервые исчерпывающим образом указал источники многочисленных ошибок и разработал способы их устранения или учета. Бесселева теория астрономических инструментов — это прежде всего теория их ошибок. Она создавалась на протяжении многолетней астрономической практики Бесселя и никогда не была для него самоцелью, но лишь служила средством качественного улучшения наблюдений.

Еще в пору работы над гринвичскими наблюдениями Баддея (гл. 7) Бессель «заочно» создал теорию стенового квадранта — инструмента, с которым работал английский астроном. Классическими стали Бесселевы теории пассажного инструмента, меридианного круга и гелиометра. Бесселем фактически была дана принятая ныне классификация ошибок наблюдений.

Эти ошибки по характеру их проявления подразделяются на систематические и случайные. Первые имеют определенный знак и повторяются с почти постоянной величиной в каждом наблюдении в сходных условиях. Вторые возникают вследствие влияния многообразных, непостоянных, имеющих разную природу и происхождение причин и их величина изменяется случайным образом от наблюдения к наблюдению. Ошибки обоих видов порождаются тремя основными источниками: несовершенством инструмента, непостоянством внешних условий и психофизическими особенностями наблюдателя. Для учета и нейтрализации систематических ошибок требуются специальные исследования инструмента и продуманная методика наблюдений; влияние случайных ошибок может быть ослаблено увеличением числа наблюдений.

Теории астрономических инструментов Бессель посвятил 25 работ, написанных с 1808 г. по 1846 г. В них

¹ Цит. по: [205, с. 350—351].

нашли отражение методы и результаты исследования как гринвичских инструментов Бадлея, так и всех измерительных приборов Кенигсбергской обсерватории: пассажного инструмента Доллонда и вертикального круга Кери (1815 и 1817 гг.), меридианных кругов Рейхенбаха (1820—1821 гг.) и Репсольда (1843 г.), гелиометра (1831, 1835, 1841 гг.), маятниковых часов (1829, 1843 гг.), отдельных приспособлений или узлов инструментов.

Основную массу наблюдений Бесселя составили наблюдения светил в меридиане (в момент кульминации), когда одновременно могут быть измерены обе экваториальные координаты — прямое восхождение α и склонение δ . Меридианные наблюдения имеют ряд решающих преимуществ перед иными видами наблюдений [178, с. 7]: в меридиане в верхней кульминации светило имеет наибольшую высоту и движется параллельно горизонту, что облегчает наблюдение; измерения каждой из координат выполняются раздельно; ошибки по α не влияют на δ и наоборот; наблюдения в одной плоскости обуславливают простоту конструкции меридианных инструментов; прямые восхождения светил практически не искажаются атмосферной рефракцией; основные формулы, связывающие измеряемые непосредственно координаты с экваториальными, предельно просты. Эти преимущества обеспечили меридианным наблюдениям ведущее положение в астрометрии как в прошлые времена, так и ныне.

Для определения α и δ светила меридианными методами в принципе достаточно в момент кульминации отметить по часам звездное время T и считать с кругов зенитное расстояние светила, так как α и δ связаны с T и z соотношениями:

$$T = \alpha, z = |\varphi - \delta| \quad (\text{верхняя кульминация}),$$

$$T = \alpha + 12^h, \delta = 180 - \varphi - z \quad (\text{нижняя кульминация}),$$

где φ — географическая широта наблюдателя.

Но на практике эти простые соотношения «обрастают» большим количеством всевозможных поправочных членов, имеющих разное происхождение и подчас трудно поддающихся определению.

Наибольшие неприятности доставляли и доставляют астрономам систематические ошибки измерений. Во времена Бесселя отметка момента про-

хождения звезды через меридиан осуществлялась способом «глаз—ухо»: когда звезда появляется в поле зрения трубы, ее изображение выводят на горизонтальную нить сетки нитей, затем берут отсчет по часам и, считая на слух секундные или полусекундные удары анкера, отмечают по ним приближенно моменты пересечения звездой каждой из вертикальных нитей сетки. Усредненное их значение принимается за момент прохождения звезды через центральную нить инструмента. Этот момент совпадал бы с моментом кульминации, если бы центральная нить проецировалась точно на небесный меридиан. Однако на практике этого не бывает по ряду причин, и прежде всего из-за неточности установки инструмента, а именно: его горизонтальная ось не может иметь идеально горизонтального направления; она не совпадает в точности с линией восток—запад, как того требует идеальная схема инструмента; кроме того, оптическая ось трубы не перпендикулярна горизонтальной оси. Эти три несовпадения, вызываемые соответственно наклоном горизонтальной оси, ее азимутом и коллимацией, порождают систематические ошибки в определении момента кульминации.

Для исправления отмеченного момента за наклонность, азимут и коллимацию Бессель предложил следующую формулу, получившую название формулы Бесселя [11, А 2, с. 33]:

$$T = T' + \tau + m + n \operatorname{tg} \delta + c \operatorname{sec} \delta,$$

где T — искомый момент кульминации по звездному времени;

T' — отмеченный (усредненный) по часам момент прохождения светила через среднюю нить инструмента;

τ — поправка часов;

$90^\circ - m, n$ — соответственно прямое восхождение и склонение западной точки пересечения горизонтальной оси инструмента с небесной сферой;

c — коллимация.

Величины m и n связаны с наклоном i горизонтальной оси и ее азимутом k соотношениями:

$$i = m \cos \varphi + n \sin \varphi$$

$$k = m \sin \varphi - n \cos \varphi.$$

Для применения формулы Бесселя на практике нужно иметь значения входящих в ее правую часть параметров установки инструмента и коллимацию s . Бессель разработал методы определения этих величин для конкретных типов инструментов и использовал эти методы в своей практической работе.

Еще одним источником систематических ошибок пассажного инструмента и меридианного круга является неправильность цапф горизонтальной оси. Цапфы — это изготовленные из твердого металла цилиндрические окончания горизонтальной оси инструмента, которыми он опирается на несущую конструкцию. В идеале цапфы должны быть совершенно круглыми, соосными и иметь одинаковые диаметры, иначе визирная линия будет описывать на небесной сфере вместо правильного большого круга некоторую близкую к нему сложную кривую. Как следствие момент прохождения этила через центральную нить инструмента не совпадет с моментом кульминации, что и бывает на практике. Поэтому требуется кропотливая работа по выявлению неправильности обеих цапф, определению величины неравенства их диаметров, а также величины их несоосности. Бессель проделал и эту работу. Занимаясь исследованием фигуры цапф, он, в частности, решил задачу о траектории центра эллипса, вложенного в две перпендикулярные касательные, и нашел, что при вращении эллипса его центр описывает короткую дугу окружности с центром в точке пересечения касательных [117, с. 327].

Бесселю принадлежит заслуга исследования и объяснения очень любопытного психофизического явления, получившего название *личного уравнения* наблюдателя. Это явление состоит в том, что разные наблюдатели на одном и том же инструменте в одинаковых условиях отмечают моменты прохождения звезды через нити с разностью, которая может достигать очень ощутимой величины, — до одной секунды. Следовательно, по крайней мере один из наблюдателей регистрирует момент прохождения с систематической ошибкой, заметно превосходящей среднюю погрешность от случайных ошибок, которая составляет в такого рода измерениях 0,1—0,2 с. Разность моментов, отмеченных двумя наблюдателями, получила название *личной разности*, а разность «точный (наивероятнейший) момент минус момент, отмеченный наблюдателем» — *личного*

уравнения данного наблюдателя. Таким образом, личное уравнение является еще одним источником систематических ошибок при определении моментов кульминации, а следовательно, прямых восхождений и географических долгот.

Явление очевидного несовпадения моментов, регистрируемых двумя наблюдателями, было замечено еще в конце XVIII в., но тогда его пытались объяснить дефектами инструмента или небрежностью наблюдателя. В статье «Личное уравнение при наблюдениях прохождений звезд» [110], опубликованной в 1823 г., Бессель рассказывает о том, как директор Гринвичской обсерватории Н. Маскелайн в 1796 г. уволил своего помощника Д. Киннебрука за то, что тот «малопомалу привык наблюдать прохождения светил через нити пассажного инструмента на 0,5—0,8 с позднее, чем сам Маскелайн» [110, с. 219]. Свои отсчеты последний, естественно, считал правильными. Бессель очень заинтересовался этим явлением, увидев в нем следствие более глубоких причин, нежели простая небрежность безответственного наблюдателя, который, по словам Бесселя, «заслуживает более подробного исследования не только в том, что касается астрономических наблюдений, но и представляется весьма интересным с антропологической точки зрения» [110, с. 219]. Иными словами, корни явления следует искать в индивидуальных психофизических особенностях наблюдателя.

Придя к такому выводу, Бессель пожелал проверить его на практике и с этой целью использовал свои не столь уж частые контакты с другими астрономами. Первый опыт был предпринят им летом 1819 г. во время пребывания в обсерватории Зеберг в Готе, где вместе с Линденау и Энке он наблюдал кульминации ряда звезд на пассажном инструменте. Однако пасмурная погода воспрепятствовала завершению серии наблюдений, и определенного результата в тот раз не было получено. Попытка была повторена в конце 1820 г. в Кенигсберге с Г. Ю. Вальбеком на меридианном круге Рейхенбаха. По придуманной Бесселем методике 10 звезд наблюдались в течение пяти ночей в следующем порядке: 5 звезд наблюдал Вальбек, остальные 5 — Бессель; на другой вечер 5 «звезд Вальбека» наблюдал Бессель, затем 5 «звезд Бесселя» — Вальбек и т. д. Наблюдения проводились при максимальном 182-крат-

ном увеличении телескопа. На этот раз предположение Бесселя о неслучайном характере личной разности и ее зависимости от индивидуальности наблюдателя подтвердилось совершенно однозначно: из пяти серий наблюдений 16—22 декабря 1820 г. следовало, что Вальбек в среднем на 1,041 с (с вероятной ошибкой в несколько сотых) фиксировал момент прохождения позже Бесселя. Изменить эту разность волевым усилием оказалось невозможным. «... Мы оба не в состоянии вести наблюдения, изменив их даже на несколько десятых долей секунды» [110, с. 221], — писал Бессель.

Опыт, проведенный в 1821 г. вместе с Аргеландером, выяснил еще более значительную личную разность «Бессель—Аргеландер», составившую $-1,223$ с (т. е. Аргеландер также отмечал момент прохождения звезды позднее Бесселя). Результаты этих опытов навели Бесселя на мысль, что причина столь заметной разности может корениться в сравнительной малоопытности Вальбека и Аргеландера в работе на пассажном инструменте. Тогда Бессель задумал провести эксперимент с более опытным наблюдателем — В. Я. Струве — и попросил Вальбека и Аргеландера, когда они будут в Дерпте, определить их личные разности со Струве, чтобы затем через посредство этих результатов найти разность «Бессель — Струве». Вальбек в 1821 г., а Аргеландер в 1823 г. выполнили эту просьбу, после чего Бессель вывел личные разности «Бессель—Струве»: на 1821 г. $-0,799$ с, на 1823 г. $-1,021$ с. Присоединив сюда еще разности двух совместных со Струве прежних наблюдений в Кенигсберге, а именно 21 октября 1814 г. и 13 ноября 1820 г., он обнаружил, что личная разность «Бессель—Струве» систематически возрастает со временем. Однозначное объяснение этому факту дать было трудно; по-видимому, он был обусловлен совокупностью нескольких причин.

Бессель предположил, что эффект личного уравнения вызывается, в частности, тем, что органы чувств наблюдателя имеют одновременно дело с двумя равными по характеру типами ощущений: непрерывностью движения звезды и внезапностью ударов секундного маятника (в способе «глаз—ухо»). Желая уменьшить влияние этой внезапности, Бессель стал наблюдать с хронометром, отбивающим более частые, полусекундные, удары, и обнаружил, что в этом случае

он отмечает момент в среднем на 0,494 с позднее, чем по часам с секундными ударами. Кроме того, он высказал мнение, что разным наблюдателям требуется неодинаковое время для переключения восприятия со зрения на слух; это различие еще более возрастает, если наблюдатели переключают восприятие в противоположной последовательности (слух—зрение и зрение—слух). Бессель обнаружил также зависимость величины личного уравнения от скорости движения звезды в поле зрения трубы и пытался уменьшить эту зависимость целесообразной методикой наблюдений.

Осмысливая результаты своих опытов, он пришел к заключению, «что ни один наблюдатель. . . не может быть уверен в абсолютной правильности определяемых им моментов времени. . . Было бы желательно найти способ, чтобы произвести исчерпывающие исследования такого загадочного явления; но я держусь того мнения, что это почти невозможно, так как действия, от которых зависит такая разница, происходят помимо нашего сознания. Но астрономы должны стремиться определять ошибки результата, которые при этом происходят, и по возможности избегать их» [110, с. 224].

Бессель и в последующие годы, после опубликования цитированной статьи (1823), не упускал случая при встречах с другими астрономами продолжить исследование явления личной разности. Так было летом 1825 г., когда обсерваторию посетил К. Кнорре, и в марте 1832 г. во время приезда в Кенигсберг Аргеландера. На этот раз разность «Бессель—Аргеландер» составила $-1,061$ с, а разность «Бессель—Буш», определенная тогда же, $-0,924$ с.

Резюмируя в 1832 г. в письме к Шумахеру результаты своих исследований, Бессель писал: «По своему опыту я считаю, что гораздо лучше устранять ошибку при наблюдении, чем с помощью вычислений» [150, с. 190], т. е. влияние личной разности предпочтительнее ослабить продуманной методикой наблюдений, вместо того чтобы определять ее и затем вводить в результат. В том случае, когда данную программу наблюдений выполняет один астроном, влияние его личного уравнения неопасно (если оно сохраняет более или менее постоянную величину). Но личная разность двух и более наблюдателей в одной серии наблюдений может вызвать ощутимую систематическую ошибку

в определении времени, а следовательно, прямого восхождения или географической долготы. В другом письме к Шумахеру, написанном в апреле 1833 г., Бессель делится своими мыслями об этой проблеме: «Время трудно определить как абсолютно, так и относительно. Я был давно убежден в этом и думаю, что это трудная задача, и решение ее всегда будет индивидуальным. Не остается ничего другого, как менять местами наблюдательные инструменты и наблюдателей в тех случаях, когда необходимо сравнить время в двух пунктах совершенно точно» [150, с. 190].

Действительно, явление личного уравнивания оказалось весьма труднодоступным для изучения. Исследования недавнего времени выявили сложную зависимость этой величины от ряда разнообразных причин, в том числе от видимой скорости и направления движения звезды, от ее блеска, от освещенности поля зрения, от длительности интервала между ударами часов. Оказалось, что чем опытнее наблюдатель, тем стабильнее величина его личного уравнивания. Для наблюдений по способу «глаз—ухо», применявшемуся еще и в наше время в экспедиционных условиях, современные методы определения личной разности, по существу, не отличаются от рекомендованных Бесселем [183, с. 256]. Явление личного уравнивания, фактически открытое как объективная закономерность и изученное Бесселем, ныне учитывается во всех астрономо-геодезических работах, особенно если они выполняются не одним наблюдателем. Небезынтересно отметить, что даже современной аппаратуре для автоматической регистрации звездных прохождений свойственны индивидуальные характеристики запаздывания — так называемая аппаратная функция, лежащая строгому измерению и учету.

Еще сложнее, чем в случае прямых восхождений, учесть действие систематических ошибок при измерении другой координаты — склонения. Источником этих ошибок при наблюдениях на меридианном круге, которым Бессель неизменно пользовался начиная с 1819 г., были погрешности разделенного круга, гнутые металлических конструкций инструмента под действием силы тяжести, неточность установки отсчетных микроскопов, ошибки микрометрических винтов микроскопов и окулярного микрометра, другие причины. Существовали трудности и с точным учетом

сложных и недостаточно изученных рефракционных явлений, влиявших на зенитное расстояние светила.

Систематические ошибки разделенного круга, в свою очередь, порождались несколькими причинами, а именно несовпадением геометрического центра круга с центром делений, т. е. наивероятнейшей точкой пересечения продолжений штрихов круга (ошибка эксцентриситета); неперпендикулярностью плоскости круга горизонтальной оси инструмента и отклонением физической поверхности круга от плоскости (ошибка биения круга), неперпендикулярностью визирных линий отсчетных микроскопов плоскости круга; неточностью нанесения штрихов градуировки на лимбе. Как бы ни был совершен способ деления, как бы тщательно ни изготовлялись детали инструмента, полностью избежать перечисленных погрешностей не удавалось, и астроному оставался единственный путь, указанный и впервые пройденный Бesselем: найти способы учета и исключения или, по крайней мере, ослабления неизбежных погрешностей инструмента.

Так, для уменьшения ошибки эксцентриситета и биения круга Бesselь пользовался двумя или четырьмя микроскопами, установленными соответственно на концах одного или двух перпендикулярных диаметров. Ошибки от неправильности установки микроскопов и неточности нанесения делений он исследовал специальными методами и затем вносил поправки к отсчетам по кругу.

Большие неприятности доставляли механические деформации трубы и разделенного круга под действием силы тяжести — так называемое астрономическое гнутие. Прогиб трубы изменяет направление визирной линии на величину, пропорциональную разности смещений от гнутия объективной и окулярной частей трубы. Возникающая вследствие этого ошибка в определении зенитного расстояния, а следовательно, и склонения достигает даже в современных инструментах величины $1''-2''$ [209, с. 108]. В основу методов исследования гнутия легло предположение, что его изменение в зависимости от положения трубы может быть представлено тригонометрическим рядом с аргументом зенитного расстояния визирной линии. Однако уверенных результатов на практике получить не удалось, и астрометристы со времен Бesselя старались

по возможности хотя бы уменьшить влияние гнутия с помощью целесообразной методики наблюдений. Например, некоторого ослабления ошибки от гнутия добивались перекладкой оси меридианного круга на 180° , т. е. наблюдениями с кругом к западу или к востоку от трубы; другой способ состоял в том, что периодически меняли местами объективный и окулярный узлы на трубе.

Бессель для уменьшения ошибки гнутия предложил сочетать непосредственные наблюдения звезд с наблюдениями их отражений от ртутного горизонта — ванны с ртутью, установленной в меридиане инструмента [28]. (Сначала он пользовался водяным и масляным горизонтами.) Звезда наблюдалась на зенитном расстоянии z , а ее отражение в ртути на зенитном расстоянии $180^\circ - z$. Сочетание обоих наблюдений давало возможность ослабить влияние гнутия на измеряемое зенитное расстояние. Однако метод наблюдений с ртутным горизонтом имел ряд недостатков: ограниченным оказывался диапазон доступных наблюдениям зенитных расстояний, с изменением z требовалось перемещать ванну с ртутью, кроме того, наблюдения в «нерабочем» — под отрицательным углом к горизонту — положении трубы порождали нежелательные и трудноучитываемые дополнительные эффекты. Небезупречным был этот метод и в теоретическом отношении: в среднем арифметическом двух отсчетов (по прямому и отраженному изображениям) в аппроксимирующем гнутие ряде Фурье уничтожались лишь члены с нечетными гармониками по синусам и четными по косинусам, т. е. эффект гнутия не устранялся полностью. Кстати, Бессель использовал ртутный горизонт и для определения точки надира на круге по наблюдениям отраженного изображения нитей в трубу, повернутую объективом вниз, к установленной под ней ванне с ртутью.

Не достигнув желаемого успеха в попытках полностью исключить ошибку гнутия при самом акте наблюдения, Бессель попытался найти способы измерения этой ошибки, с тем чтобы потом учесть ее при обработке наблюдений. Из априорных соображений было ясно, что наибольшее гнутие возникает при горизонтальном положении трубы. Бессель предложил метод измерения величины горизонтального гнутия с помощью двух коллиматоров — оптических труб,

установленных к северу и к югу от инструмента объективами к нему. Горизонтальные нити микрометров коллиматоров наводились друг на друга. Затем на эти нити поочередно наводилась горизонтальная нить окулярного микрометра телескопа и снимались отсчеты круга и микрометра. Разность отсчетов в двух положениях инструмента при этом должна отличаться от 180° на удвоенную величину горизонтального гнутия. Это же приспособление Бессель применил и для исследования гнутия разделенного круга. Коллиматорный метод Бесселя получил широкое распространение в астрометрической практике и не утратил своего значения в наше время [209, с. 112].

Наряду с практическими измерениями Бессель занимался и теоретическими исследованиями деформаций разделенного круга под влиянием силы тяжести. Основу этих исследований составила общая теорема статики упругих тел, по которой форма любого упругого тела, подверженного действию силы тяжести, описывается тремя функциями, зависящими только от внутреннего строения тела, но не от его положения. Результаты этих исследований Бессель представил в Петербургскую Академию наук².

Скрупулезное исследование возможных источников систематических ошибок при нахождении склонений привело Бесселя к важному открытию. Склонение определяют абсолютным методом по измеренному зенитному расстоянию и географической широте, полученной также абсолютным методом (см. формулы на с. 162). На практике широта φ всегда известна с некоторой точностью, и требуется лишь определить абсолютным методом поправку $\Delta\varphi$ к ней. Измеренное зенитное расстояниеотягчено влиянием рефракции. Принцип абсолютности требует независимого определения коэффициента рефракции k , а точнее, поправки Δk к принятому значению k . Бессель предложил способ совместного определения $\Delta\varphi$ и Δk по наблюдениям звезд в верхней и нижней кульминациях и вывел уравнение:

$$\delta_n - \delta_s = 2\Delta\varphi + (\operatorname{tg} z_n \pm \operatorname{tg} z_s) \Delta k,$$

² Письмо секретарю АН П. Н. Фуссу от 23 октября 1843 г. // ЛО ААН СССР. Ф. 1. Оп. 2—1843. Д. 270.

по которому способом наименьших квадратов вычисляются $\Delta\varphi$ и Δk . В этой формуле z_v и z_n — зенитные расстояния светила соответственно в верхней и нижней кульминациях, δ_v и δ_n — вычисленные по ним склонения с принятыми приближенными значениями широты и коэффициента рефракции. Разность $\delta_n - \delta_v$ очень мала, и проводимые измерения требовали особой тщательности. И именно занимаясь проблемой абсолютного определения широты, Бессель впервые в истории астрономии обнаружил явление колебаний высоты северного полюса мира, иными словами — географической широты своей обсерватории. Об этом он писал А. Гумбольдту 1 июля 1844 г.: «Я подвергаю сомнению неизменность высоты полюса. Мои прекрасно согласующиеся между собой наблюдения показывают, что высота полюса (Кенигсберг) уменьшилась с весны 1842 г. до нынешнего времени почти на $0^{\circ}3$. Но даже такая малая величина не может быть, мне кажется, ошибкой наблюдения. Я связываю это с внутренними изменениями земного шара, которые оказывают влияние на направление тяжести»³. Эффект был настолько тонок, что Гумбольдт усомнился в его существовании, почему и назвал открытие Бесселя «странным убеждением»⁴. Это был один из тех случаев, когда Бессель высказывал идеи, имевшие основания в его собственных наблюдениях и порожденные его поразительной научной интуицией, но которые опережали на несколько десятилетий уровень развития знаний и потому нередко отвергались даже наиболее передовыми учеными — современниками Бесселя. Хорошо известное ныне явление колебаний широты было признано наукой лишь спустя 40 лет после того, как его впервые обнаружил кенигсбергский астроном.

Способ Бесселя определения поправок $\Delta\varphi$ и Δk стал классическим и широко применялся астрометристами XIX и XX вв. Однако он не лишен недостатков, важнейший из которых состоит в том, что найденные $\Delta\varphi$ и Δk лишь условно могут считаться поправками принятых значений широты и коэффициента рефракции, а в действительности порождаются влиянием многих причин, в число которых входит и неисключенное горизонтальное гнутие. Вследствие этого найденные

³ Цит. по: [192, с. 127].

⁴ Там же.

способом Бесселя $\Delta\varphi$ и Δk могут отличаться от их значений, определенных иными методами. Это обстоятельство лишь отражает сложность задачи, для решения которой и ныне не существует удовлетворительных способов [209, с. 219].

Теория рефракции постоянно привлекала внимание Бесселя, и он занимался ею на протяжении едва ли не всей своей научной жизни. И это не случайно, если учесть, что в ошибках, вызванных рефракцией, могут «раствориться» более тонкие эффекты или плоды кропотливого исследования инструмента. Действительно, величина рефракционного смещения уже на зенитном расстоянии, например, 20° достигает $21''$, и следовательно, если отсчеты по кругу ведутся с точностью до десятых долей дуговой секунды, то рефракция должна быть определена для сохранения того же порядка погрешности с точностью до 0,01 своей величины. Бесселевы таблицы рефракции, составленные по гринвичским наблюдениям Брадлея (см. гл. 7), были самыми точными для своего времени и получили широкое распространение среди астрономов.

Приведенный неполный перечень источников систематических ошибок при меридианных наблюдениях дает представление о тех трудностях, которые должен был преодолеть Бессель, создавая свою классическую теорию астрометрических инструментов. По словам советского астронома Б. А. Воронцова-Вельяминова, до Бесселя «в работе западноевропейских обсерваторий культивировалось „искусство“ наблюдений, оставившее в неизвестности систематические ошибки, зависящие от личных особенностей наблюдателя и от недостаточного или произвольного учета искажающих факторов. Поэтому разные ряды наблюдений плохо сходились друг с другом, и в этих ошибках «тонули» важнейшие астрономические явления, проявляющиеся в едва уловимых истинных изменениях координат светил» [174, с. 251].

Бесселева теория инструментальных ошибок не ограничивается исследованием только систематических ошибок, должное внимание в ней уделено и случайным ошибкам. Последним он посвятил большую статью «Исследование о вероятности ошибок наблюдений» [111]. В этой работе на основании математической обработки Брадлеевых и своих наблюдений Бессель сделал исключительной важности вывод о том,

что в результате совокупного действия многочисленных источников случайных ошибок обширные ряды астрономических измерений в отношении статистики случайных ошибок подчиняются нормальному закону распределения, теоретически выведенному Гауссом и Лапласом. Работы Бесселя, таким образом, стали первым экспериментальным подтверждением нормального закона. «В этом вопросе мне удалось достигнуть замечательного результата, — писал Бессель, — многие из независимых источников ошибок одинакового порядка в совокупности дают ошибку, вероятность которой приблизительно такая же, какая получается на основании применения условия наименьших квадратов. Отсюда мы находим объяснения удивительного совпадения закона вероятности ошибки и распределения ее в действительно произведенных рядах наблюдений» [111, с. 228].

Многочисленность реальных независимых причин случайных ошибок Бессель иллюстрирует примером простой, повседневно выполняемой операции измерения зенитного расстояния звезды на меридианном круге. При этом он указывает по крайней мере 13 источников случайных ошибок, обременяющих результат, а именно:

1. Оптическая сила трубы позволяет измерять углы лишь до известного предела; результаты измерения угловых величин, меньших этого предела, становятся неопределенными.

2. Изображение звезды не является точкой, и в зависимости от ее блеска и освещенности неба наведение визирной линии осуществляется на различные точки изображения звезды.

3. Изображение звезды практически не бывает спокойным (прежде всего из-за рефракционных явлений), поэтому навести визирную линию можно лишь приблизительно на некоторое среднее положение дрожащего изображения.

4. Упругость металла, из которого сделан инструмент, может изменяться под воздействием случайных внешних причин, поэтому в момент снятия отсчета с круга его положение может быть не тем, которым оно было в момент наведения на звезду.

5. Штрихи круга нанесены с некоторыми ошибками, так же как и деления верньеров (или барабанов микроскопов).

6. Оптические приспособления, с помощью которых снимаются отсчеты, не являются идеально точными.

7. Оценка показаний верньеров производится с точностью до половины расстояния между соседними штрихами, поэтому отсчет по четырем верньерам всегда оказывается величиной, кратной четверти этого расстояния.

8. Круг и другие части инструмента деформируются под воздействием тепла тела наблюдателя.

9. Разность температур внутреннего и внешнего краев круга искажает его круговую фигуру.

10. Пузырьковый уровень, контролирующий положение алидады, имеет свои погрешности.

11. По прошествии более или менее продолжительного времени положения и состояния инструмента изменяются, и поэтому результаты двух идентичных, но одновременных наблюдений при сравнении не совпадают.

12. На результат наблюдений влияют внешние факторы, прежде всего рефракция, принимаемая величина которой искажается ошибками термометра и барометра.

13. Источником случайных погрешностей является также обработка (редукция) наблюдений.

«Я пропускаю в этом перечне причин, совместное действие которых повело к возникновению ощутимой ошибки наблюдений, многие причины, — пишет Бессель. — Но. . . даже этот простой способ наблюдений должен показать, что существует общая совместная ошибка, появляющаяся вследствие многочисленных причин, из которых каждая действует независимо от прочих» [111, с. 255]. Бессель анализирует соответствие фактического распределения случайных ошибок нормальному закону на примерах трех рядов наблюдений Бадлея и одного ряда из 100 собственных наблюдений Полярной в 1813—1815 гг. и делает вывод, что «результаты, полученные из опыта и на основании требований теоремы. . . показывают поразительно близкое совпадение» [111, с. 257].

Бесселева теория систематических и случайных ошибок наблюдений явилась основным звеном проведенной им реформы практической астрономии, однако это реформа не исчерпывалась одной лишь теорией ошибок.

Универсальная теория редуций

Полученные из меридианных наблюдений и исправленные за инструментальные ошибки и рефракцию координаты светила являются топоцентрическими, т. е. отнесенными к данному месту и данному времени наблюдения. Чтобы их можно было сравнивать с наблюдениями, выполненными в другой обсерватории и в другое время, эти координаты должны быть приведены к некоторому единому моменту и общему началу. Приведение, или редуция, координат составляет неотъемлемую часть обработки наблюдений. Без этой операции немыслимо само понятие звездного каталога. Совершенно ясно, что достоверность редуцированного положения зависит как от точности исходного, наблюдаемого положения, так и от уровня теории тех явлений, которые порождают необходимость редуций, т. е. явлений рефракции, аберрации, прецессии, нутации, параллакса. Редуционные формулы содержат ряд численных параметров, называемых фундаментальными постоянными астрономии. К ним относятся единицы измерения времени и расстояний, гравитационная постоянная, массы и элементы движения Земли, Луны, Солнца и планет. Используемая система фундаментальных постоянных должна быть внутренне строго согласованной, т. е. выбранные величины должны удовлетворять существующим между ними теоретическим соотношениям. Так, постоянная годичной аберрации связана с суточным параллаксом Солнца или с массой системы Земля+Луна; постоянные прецессии и нутации связаны с массой Луны и динамическим сжатием Земли (выражающимся через главные моменты инерции Земли). Кроме того, при редуционных вычислениях должны учитываться собственные движения звезд.

В начале XIX в. были известны все важнейшие факторы, искажающие положения светил или смещающие координатную систему, а также определены с той или иной точностью значения астрономических постоянных. Однако не было никакой общепринятой методики редуционных вычислений, никакой единой системы фундаментальных постоянных. По словам А. Кларк, «слишком много предоставлялось личному усмотрению и произволу наблюдателей; каждый из них избирал для различных отдельных поправок такие

данные, такие приемы, которые были, на его взгляд, наиболее надежны и целесообразны. Отсюда получалась крайне досадная путаница, которая препятствовала единству работ астрономов и даже понижала значение усидчивых упорных трудов. В этом-то положении дела пришел на помощь Бессель, и, благодаря своему знанию, проницательности и терпению, он дал полное решение наболевшего вопроса» [191, с. 54].

Действительно, вклад Бесселя в теорию и практику редукиций был настолько полон и исчерпывающ, что после него эта область астрономических вычислений не претерпела существенных изменений до наших дней. Редукиционные вычисления включают ряд операций, обусловленных различными причинами, подробное описание которых можно найти в любом курсе сферической астрономии. В кратком изложении суть этих причин такова.

Земной наблюдатель перемещается в пространстве вместе с вращающейся и движущейся вокруг Солнца Землей. Непрерывное перемещение наблюдателя и ограниченность скорости света обуславливают физическое явление, называемое *абберацией* и проявляющееся в кажущемся смещении светила на небесной сфере к точке, в которую направлен вектор мгновенной скорости наблюдателя. Величина абберационного смещения b связана с отношением скорости наблюдателя v к скорости света c и с углом θ между вектором скорости v и видимым направлением на светило соотношением:

$$\sin b = \frac{v}{c} \sin \theta.$$

В соответствии с двумя составляющими пространственной скорости наблюдателя — суточной и орбитальной — различают суточную и годичную абберации. Суточная скорость наблюдателя сравнительно со скоростью света очень мала (приблизительно $0,465 \cos \varphi$ км/с, где φ — географическая широта), поэтому и величина абберационного смещения светила в меридиане составляет всего лишь $0,319 \cos \varphi$ к востоку. Соответствующие изменения прямых восхождений пропорциональны $\sec \delta$ и учитываются лишь при точных наблюдениях звезд.

Средняя орбитальная скорость Земли равна 29,76 км/с, и в этом случае коэффициент v/c , который

в дуговой мере называется постоянной годичной абберации, имеет значительную величину — $20',496$. Поправки за годичную абберацию вносятся при всех редуционных вычислениях.

Для исключения зависимости полученных из наблюдений координат от географического положения наблюдателя (наблюдатели из разных точек Земли видят светило по разным направлениям), необходимо привести эти координаты к единой системе с началом в центре Земли. Эта редуция называется поправкой за *суточный параллакс*. Величина поправки тем меньше, чем дальше светило, поэтому она учитывается лишь для объектов в пределах Солнечной системы и становится исчезающе малой для звезд. Но параллактическое смещение звезд может быть ощутимым при точных измерениях вследствие движения наблюдателя с Землей вокруг Солнца. Это явление называется *годовым параллаксом*. Угол годового параллакса имеет ясный геометрический смысл: под этим углом виден со звезды средний радиус земной орбиты, перпендикулярный лучу зрения (см. гл. 8). Так как расстояния даже до ближайших звезд в сотни тысяч раз больше радиуса земной орбиты, то углы годового параллакса достигают десятых долей секунды лишь у нескольких сотен ближайших к Солнцу звезд; подавляющее же большинство звезд имеют пренебрежимо малые параллаксы.

Таким образом, координаты светила, исправленные за инструментальные и личные ошибки, за рефракцию, суточную и годичную абберации, суточный и годичный параллаксы, дают положение светила, как бы полученное из наблюдения идеальным инструментом из барицентра Солнечной системы. Иными словами, эти координаты отнесены к системе с началом в центре Солнца и с осями, связанными с мгновенным положением оси вращения Земли и плоскости эклиптики на момент наблюдения. Но ось вращения Земли и перпендикулярная ей плоскость экватора не остаются неподвижными: ось Земли медленно, с периодом около 26 тыс. лет, описывает коническую поверхность с полураствором примерно $23^\circ 27'$ вокруг оси эклиптики — иными словами, прецессирует. Прецессия является следствием притяжения Солнцем и Луной несферической вращающейся Земли.

Под действием совокупного притяжения Земли планетами не остается неподвижной и плоскость эклиптики.

В результате суммарного воздействия этих факторов точка весеннего равноденствия — одна из двух точек пересечения эклиптики с экватором, служащая начальной точкой отсчета прямых восхождений, — смещается на небесной сфере по эклиптике к западу со скоростью около $50''$ в год (постоянная прецессии). На плавное прецессионное движение земной оси накладываются периодические колебания — нутация. Нутационные колебания вызваны непостоянством сил лунного и солнечного притяжения, действующих на несферическую Землю. Главная причина этого непостоянства обусловлена несовпадением плоскостей земного экватора и лунной орбиты. Вследствие нутации полюс мира в первом приближении описывает на небесной сфере около своего среднего положения малый эллипс с периодом 18,6 года и полуосями около $9''$, 21 и $6''$, 86. Величина большой полуоси нутационного эллипса называется постоянной нутации. Прецессия и нутация, не изменяя взаимного положения светил, непрерывно смещают в пространстве систему экваториальных координат α , δ , к которой относятся положения звезд в каталогах. Именно поэтому можно строго говорить о координатах звезды, лишь имея в виду положение системы координат в некоторый заданный момент времени.

Повседневная астрономическая практика имела и имеет дело с несколькими видами редуцированных вычислений. Первоначальный цикл обработки полученных непосредственно из наблюдения «сырых» координат включает исправление их за инструментальные и личные ошибки, а также за рефракцию. Исправленные таким образом координаты дают так называемое видимое место звезды. Если в видимое место ввести еще поправки за годичную и суточную абберацию, то получится положение, называемое истинным местом светила на момент наблюдения. Исключение из истинного места влияния нутации дает среднее место звезды на момент наблюдения. Средние места одной и той же звезды, вычисленные по наблюдениям в разные моменты времени, не совпадают из-за того, что система экваториальных координат поворачивается вследствие прецессии. Поэтому, желая сравнить положение звезды в два момента времени, приводят их средние места

к одному моменту путем исключения влияния прецессии за период времени между наблюдениями. Если целью работы является составление звездного каталога, то средние места всех звезд приводятся к единому для всего каталога моменту — эпохе равноденствия каталога. Наряду с перечисленными редукциями астрономы выполняют и обратные, например переход от среднего места к истинному или видимому местам.

Бессель разработал ясные, простые формулы и составил таблицы, позволившие до предела упростить и унифицировать операцию редукций. В сложных редукционных зависимостях он выделил величины, не связанные с координатами звезды, что позволило построить по аргументу времени единые таблицы этих величин для редукций положений любых звезд. Выведенные Бесселем редукционные формулы носят его имя, а входящие в них параметры получили название Бесселевых чисел. Разработку теории и формул редукций Бессель начал в Лилиентале в связи с приведением гринвичских наблюдений Брадлея, затем продолжил ее в Кенигсберге и завершил к 1830 г. изданием «Кенигсбергских таблиц». С тех пор Бесселева методика быстро распространилась среди астрономов и составила неотъемлемую часть книг по сферической астрономии. Бесселевы формулы и числа регулярно публикуются в астрономических ежегодниках, в том числе в «Астрономическом ежегоднике СССР». Там же можно найти и подробное объяснение способов их использования.

Средние места звезд, как уже говорилось, в каталогах и ежегодниках приводятся к единому моменту. Как правило, это начало года. Однако начало календарного года в качестве такого момента не может быть использовано, так как календарный год начинается на разных долготах в разные физические моменты. Бессель нашел простое решение этого вопроса: он предложил ввести так называемый фиктивный год, по продолжительности равный тропическому году (365, 2422 средних суток), но имеющий строго фиксированный единый момент начала. В начале календарного года долгота Солнца близка к 280° , поэтому за начало фиктивного года Бессель принял момент, когда средняя долгота Солнца, уменьшенная на постоянную годовичную аберрацию, равна в точности 280° . Фиктивный год во всей астрономической литературе получил название Бесселева года. Момент его начала обозначается так:

1815.0, 1950.0 и т. п. — и приводится в астрономических ежегодниках относительно гринвичского начала календарного года. Если требуется сравнить средние места звезд, заданные на начала разных Бесселевых годов, то для приведения координат к началу одного из годов достаточно учесть лишь влияние прецессии за этот промежуток времени. Соответствующие формулы были даны Бесселем уже в «Основаниях астрономии».

Итак, редуccionная проблема в своей алгоритмической части получила в трудах Бесселя исчерпывающее для своего времени решение. «Окончательные результаты Бесселя, касающиеся способов обработки наблюдений, — писала А. Кларк, — . . . не только составили шаг вперед в отношении точности, но и представляли громадное преимущество по удобству своего применения, а потому сразу и повсеместно вошли в постоянное употребление. Так астрономия стала действительно всемирной наукой; теперь были изгнаны различные неопределенности и шероховатости; с этих пор наблюдения, сделанные в разное время, в разных местах земного шара стали сравнимы друг с другом» [191, с. 55]. Бесселевы формулы редуccion используются и поныне в астрономической практике; в них внесены лишь некоторые уточнения, обусловленные прогрессом астрометрии и небесной механики за истекшие 150 лет [162].

Бессель-математик

И еще одним средством преобразования астрономии наряду с теорией инструментов и теорией редуccion стало широкое привлечение Бесселем математических методов к решению астрономических и других естественнонаучных задач. В XVIII—начале XIX в. между астрономией, геодезией, механикой и математикой не было столь определенных границ, о которых можно говорить ныне. Эти дисциплины преподавались на философских факультетах европейских университетов в виде единого цикла, и научные исследования крупнейших представителей точных наук того времени были, как правило, связаны с каждой из составляющих этого цикла. Достаточно упомянуть имена Эйлера, Клеро, Лагранжа, Даламбера, Лапласа, Гаусса. К этому списку можно было добавить и имя астронома Бесселя, в не меньшей степени бывшего геодезистом и в известной мере математиком. Но в отличие, например, от

своего современника и коллеги Гаусса, всегда тяготевшего к чистой математической теории, Бессель обращался к математике почти исключительно как к инструменту решения задач астрономии, геодезии, физики. В то же время наделенный универсальным дарованием, неизменно следовавший правилу с полной основательностью решать каждую научную проблему, Бессель и в области математики получал результаты, имевшие не только прикладную, но и самостоятельную математическую ценность. И в среде математиков имя Бесселя всегда было и остается своим.

То обстоятельство, что математические работы Бесселя имели прикладной характер или, по крайней мере, прикладное происхождение, обусловило общую их черту: четко выраженную алгоритмическую направленность, стремление довести математический результат до удобных для вычисления формул, до числа и таблицы. Эта направленность математического творчества Бесселя еще раз свидетельствует о том, сколь ясно он видел одну из насущных задач астрономии своего времени: необходимость приведения в соответствие практической астрономии, опирающейся на наблюдения и вычисления, с высоким уровнем астрономии теоретической, основанной на строгой механике Ньютона.

В изданном Энгельманом собрании сочинений Бесселя [A2] в список его математических работ включено 19 наименований, однако эта классификация может считаться лишь весьма и весьма условной: подавляющее большинство работ Бесселя в той или иной мере связано с математикой и нередко содержит элементы математической новизны.

Математическое творчество Бесселя и во времени развивалось параллельно и в тесной связи с его астрономическими или иными естественнонаучными исследованиями. Так, обработка гринвичских наблюдений Брадлея (см. гл. 7) привела его к важному теоретическому результату о соответствии фактического распределения случайных ошибок в больших рядах наблюдений нормальному закону, о чем уже говорилось в настоящей главе. Резюмируя этот результат, Бессель писал: «. . . вероятность общей ошибки одного наблюдения n всегда приближается к вычисленной по формуле:

$$\Psi(n) = \frac{1}{m\sqrt{2\pi}} e^{-n^2/2m^2},$$

т. е. к тому самому закону, о котором Гаусс впервые показал, что он необходимо вытекает из правила среднего арифметического» [111, с. 255—256]. В обозначениях Бесселя здесь m^2 — дисперсия.

Бессель ввел в математическую практику выведенную им и носящую его имя формулу для оценки средней квадратичной погрешности m некоторой измеряемой величины:

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta_i^2}{n-1}},$$

где δ_i — отклонения от среднего арифметического измеряемой величины в ряду из n измерений.

Еще одним, и поныне широко применяемым в численном анализе результатом стала интерполяционная формула Бесселя. Она предназначена для приближенного вычисления значения некоторой функции $f(t)$ в точке t , лежащей между точками с известными значениями функции (узлами). Формула Бесселя имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} f(t_0 + n\omega) = & f(t_0) + nf_1\left(t_0 + \frac{\omega}{2}\right) + \frac{n(n-1)}{2!} f_2\left(t_0 + \frac{\omega}{2}\right) + \\ & + \frac{n(n-1)\left(n - \frac{1}{2}\right)}{3!} f_3\left(t_0 + \frac{\omega}{2}\right) + \\ & + \frac{(n+1)n(n-1)(n-2)}{4!} f_4\left(t_0 + \frac{\omega}{2}\right) + \\ & + \frac{(n+1)n(n-1)(n-2)\left(n - \frac{1}{2}\right)}{5!} f_5\left(t_0 + \frac{\omega}{2}\right) + \dots \end{aligned}$$

где ω — шаг таблицы заданных значений функции; $n = \frac{t-t_0}{\omega}$, t_0 — ближайший к t узел таблицы;

f_1, f_3, f_5 и т. д. — соответственно 1-е, 3-е, 5-е и т. д. разности, «аргумент» $t_0 + \frac{\omega}{2}$ разностей f_1, f_3, f_5 — условное обозначение: он равен полусумме аргументов их величин, вычитанием которых получена данная разность;

f_2, f_4 и т. д. — полусумма рядом стоящих разностей 2-го, 4-го и т. д. порядков.

Формула Бесселя содержит лишь разности, стоящие в одной строке с первой разностью $f_1\left(t_0 + \frac{\omega}{2}\right)$, которая нередко приводится в астрономических таблицах вместе со значениями функции, — в этом особенность формулы. Она обладает важным преимуществом перед другими интерполяционными формулами, а именно принимает предельно простой вид при интерполяции на середину отрезка ($n=1/2$), так как в этом случае члены с 3-ми, 5-ми и другими нечетными разностями обращаются в нуль. Задача интерполирования является составной частью редукционных вычислений.

Наиболее ранние математические работы Бесселя относятся к 1810—1812 гг., т. е. ко времени сооружения Кенигсбергской обсерватории. Тогда в связи с теорией рефракции он заинтересовался интегралом

$$\int_0^a \frac{dx}{\ln x} \quad \left(\text{в обозначениях Бесселя } \int \frac{dx}{lx}\right), \quad \text{как известно,}$$

не выражающимся через элементарные функции, но часто встречающимся в приложениях. Нужно было найти подходящее приближенное представление для этой функции верхнего предела интеграла. Свойства интегрального логарифма, как была названа эта функция, интересовали также и Гаусса. 26 августа 1810 г. Бессель писал Гауссу: «Исследование, о котором я говорю, касается интеграла $\int \frac{dx}{lx}$ и было подогремо работой Зольднера, полученной мной несколько недель назад. Вы, без сомнения, знаете эту работу и трудности, на которые натолкнулся Зольднер, не позволившие ему рассчитать таблицы для функции $\int \frac{dx}{lx}$, которую он называет *li x* (интегральный логарифм), далее, чем для $x=1280$. Путь, который позволил ему это сделать, достаточно тернист и трудоемок и, собственно, не дозволен, так как не дает контроля вычисления. Поэтому я искал другой метод вычисления этого интеграла» [96, с. 111]. Далее в письме следуют много страниц с математическими выкладками, завершающимися семизначными таблицами значений интеграла. Бессель нашел разложение интегрального логарифма в ряд по отрицательным степеням $\ln x$, применимое и при больших значениях аргумента. Этот результат заслужил похвалу Гаусса: «Исследованием интеграла $\int \frac{dx}{\log x}$ Вы

принесли мне большую радость. В основе я избрал тот же путь, но не продвинулся так далеко вперед, как Вы» [118, с. 127]. Результаты своих исследований интегрального логарифма Бессель опубликовал в 1-м выпуске «Кенигсбергского архива» в 1812 г. [4].

В этом же издании увидела свет еще одна математическая работа Бесселя — «К теории числовых факюльтетов» [6]. Термином «факюльтет» кельнский математик Хр. Крамп назвал произведение вида $a(a+r)(a+2r)\dots(a+(m-1)r)$, где «основание» a и «разность» r — действительные числа, «показатель» m — натуральное число. Крамп обозначал это произведение символом $a^{m|r}$. Факюльтет Крампа обобщает понятие факториала $m!$, который получается из $a^{m|r}$ при $a=1$, $r=1$. (Кстати, обозначение $m!$ для факториала введено именно Крампом в 1808 г.). Занимаясь теорией рефракции, Крамп попытался обобщить понятие факюльтета на случай произвольного действительного показателя m и даже получил в пределе на бесконечности интересные соотношения между факюльтетами и тригонометрическими и гамма-функциями. Однако обоснование выводов Крампа, опиравшееся на свойства факюльтетов при натуральном m , оказалось ошибочным и приводило к противоречиям [152].

Проблемой занялся Бессель. Он исходил из того, что искомая функция, обобщающая факюльтет на случай произвольного m , должна удовлетворять при любых действительных m , n , a , r двум равенствам, справедливым при натуральных m и n :

$$a^{m+n|r} = a^{m|r} (a + nr)^{n|r} = a^{n|r} (a + mr)^{m|r}$$

$$a^{m|r} = (a + mr - r)^{m|r-r}.$$

Из этих условий Бессель получил решение в виде двух разных функций — для положительной и отрицательной разности r . Двойственность возникла из требования, чтобы значения искомой функции были только действительными. Эту ограниченность Бесселева решения преодолели позднее Гаусс и Вейерштрасс [248], разработавшие исчерпывающую теорию числовых факюльтетов. Исследования Бесселя явились одной из ступеней, приведших к построению общей теории.

Во многих задачах теоретической и практической астрономии возникает потребность в приближении данной функции некоторым аналитическим выражением,

удобным для вычисления функции или исследования ее свойств. Если функцию удастся разложить в тригонометрический ряд, т. е. представить в виде

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos kx + b_k \sin kx),$$

где a_0, a_k, b_k — постоянные коэффициенты, то в качестве ее приближения можно взять сумму n первых слагаемых ряда

$$S_n(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n (a_k \cos kx + b_k \sin kx).$$

И именно прикладная, практическая сторона задачи приближения функции тригонометрическими полиномами в первую очередь занимала Бесселя [18]. Он формулировал проблему так: определить при заданном n коэффициенты a_0, a_k, b_k так, чтобы построенный тригонометрический полином $S_n(x)$ приближал данную функцию $f(x)$ наилучшим образом. Очень характерно, что Бессель совершенно не касается теоретических вопросов сходимости бесконечного ряда к функции $f(x)$; он дает прямое алгоритмическое решение поставленной задачи в духе способа наименьших квадратов. Именно в качестве меры близости суммы $S_n(x)$ к функции $f(x)$ он рассматривает среднее квадратическое отклонение

$$J = \int_0^{2\pi} (f(x) - S_n(x))^2 dx$$

и предлагает так определить коэффициенты в $S_n(x)$, чтобы интеграл J принимал наименьшее значение. Необходимым и достаточным условием минимума J (с учетом неотрицательности подынтегральной функции) является равенство нулю его частных производных по $a_0, a_k, b_k, k=1, 2, \dots, n$. Из этого условия Бессель выводит формулы для коэффициентов суммы $S_n(x)$, обеспечивающих наилучшее в смысле минимума среднего квадратического отклонения приближение функции $f(x)$:

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos kx dx \quad k = 0, 1, 2, \dots, n$$

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin kx dx \quad k = 0, 1, 2, \dots, n,$$

т. е. решением задачи оказываются коэффициенты тригонометрического ряда Фурье. Тем самым Бессель доказал известное в анализе экстремальное свойство отрезка ряда Фурье. Формула для наименьшего значения интеграла J , а именно

$$\min_{a_k, b_k} J = \int_0^{2\pi} f^2(x) dx - \pi \sum_{k=0}^n a_k^2 - \pi \sum_{k=1}^n b_k^2,$$

получила в математике название тождества Бесселя, а вытекающее из нее неравенство

$$\sum_{k=0}^n (a_k^2 + b_k^2) \leq \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f^2(x) dx -$$

неравенства Бесселя. Из этого неравенства следует сходимость числовых рядов, составленных из квадратов коэффициентов ряда Фурье, так как частичная сумма положительного ряда слева мажорируется при любом n постоянной величиной интеграла справа (при условии, что функция $f(x)$ интегрируема вместе со своим квадратом).

Найденное Бесселем наилучшее представление функции тригонометрическим полиномом обладает еще тем замечательным свойством, что вычисленные уже при данном n коэффициенты $a_0, a_k, b_k, k=1, 2, \dots, n$ не изменяются с добавлением новых слагаемых, т. е. точность аппроксимации можно увеличивать сколь угодно, добавляя к найденным членам новые. Эти свойства обусловили широкое применение разложения функции по тригонометрическим полиномам как в астрономии, так и в других точных науках.

С именем Бесселя в математике и ее приложениях связан также важный класс трансцендентных функций, а именно цилиндрических. Впервые с цилиндрическими функциями в интегральном представлении Бессель столкнулся в 1818 г. [13], вычисляя коэффициенты разложения в тригонометрический ряд радиуса-вектора планеты. Позже он занялся систематическим изучением этих функций, результаты которого изложил в 1824 г. в большом мемуаре «Исследование той части планетных возмущений, которая вызвана движением

Солнца» [26]. Математическое ядро этой работы стало новым словом в теории цилиндрических функций.

Исследование планетных возмущений потребовало разложений в тригонометрические ряды радиуса-вектора планеты и других ее координат, а для выполнения этой операции нужно было вычислить интегралы вида

$$\int_0^{2\pi} \cos i\mu \cdot \cos \epsilon d\epsilon, \quad \int_0^{2\pi} \sin i\mu \cdot \sin \epsilon d\epsilon.$$

Здесь i — наклонность орбиты к эклиптике, μ — средняя аномалия, ϵ — эксцентриская аномалия планеты (обозначения Бесселя).

С помощью уравнения Кеплера $\epsilon - e \sin \epsilon = \mu$, где e — эксцентриситет орбиты, Бессель привел эти интегралы к виду

$$I_k^h = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \cos (h\epsilon - k \sin \epsilon) d\epsilon,$$

т. е. получил цилиндрическую функцию 1-го рода порядка h (h — целое число) от аргумента k . Бессель ввел для нее указанное обозначение, но не дал никакого названия. Для функции I_k^h (в современных обозначениях $J_h(k)$) он нашел разложения в сходящийся всюду степенной ряд вида

$$I_k^h = \frac{k^h}{2^h \Gamma(h+1)} \left(1 - \frac{k^2}{2(2h+2)} + \frac{k^4}{2 \cdot 4(2h+2)(2h+4)} - \dots \right),$$

установил зависимость между функциями трех последовательных значений $i-1$, i , $i+1$ порядка h , а также между функциями положительного и отрицательного порядков. Повышенный интерес Бесселя к этим функциям питался глубоким пониманием их большого прикладного значения: «Хотя постоянно сходящийся ряд достаточен для определения числовых значений I_k^h , и поэтому с этой стороны ничего не оставляет желать в отношении задачи, которую необходимо было решить, — писал он, — однако я все же считаю возможным использовать данный случай, чтобы кое-что сказать об определенных интегралах, которые были здесь применены. Не только уравнение центра и величины

$\cos \varphi$, $\sin \varphi$, $r \cos \varphi$, $r \sin \varphi$, $\frac{1}{r^2} \cos \varphi$, $\frac{1}{r^2} \sin \varphi$ [приводят при разложениях в ряды к этим определенным интегралам, но это же всегда имеет место в случае выражений $\log r$, r^n , $r^n \cos n\varphi$, . . . Так как большинство проблем физической астрономии ⁵ приводится к таким разложениям, то является желательным более подробное знание свойств упомянутых интегралов» [26, с. 26] ⁶. И Бессель не ограничился в своем мемуаре одной лишь теорией, но снабдил его также собственноручно вычисленными десятизначными таблицами функций I_k^0 и I_k^1 для значений аргумента k от 0,00 до 3,20 с шагом 0,01 и привел примеры использования таблиц в астрономических вычислениях.

В анализе теорию цилиндрических функций строят, рассматривая их как решение линейного дифференциального уравнения с переменными коэффициентами. Это уравнение, носящее имя Бесселя, в традиционных обозначениях имеет вид:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{1}{x} \frac{dy}{dx} + \left(1 - \frac{k^2}{x^2}\right) y = 0,$$

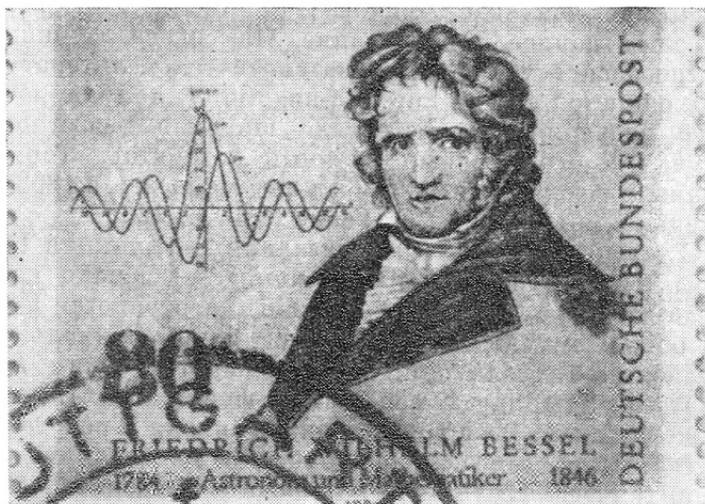
Цилиндрическая функция первого рода является его частным интегралом.

«Важнейшей заслугой Бесселя является то, что он впервые начал изучать каждую из функций $J_n(x)$ не в отдельности, а как элемент системы функций. . . $J_{-2}(x)$, $J_{-1}(x)$, $J_0(x)$, $J_1(x)$, $J_2(x)$. . . — пишет советский исследователь В. Гуссов. — Рассматривая интеграл I_k^h как функцию *двух* аргументов, Бессель получил соответствующую *систему* функций, для которой установил ряд свойств, в том числе рекуррентные соотношения. Поэтому рассматриваемый мемуар Бесселя ознаменовал начало второго периода развития теории цилиндрических функций, переход от изучения отдельных их свойств к систематической разработке теории отдельных видов цилиндрических функций» [179, с. 378].

Бессель не был первооткрывателем цилиндрических функций или создателем их полной теории, но тем не

⁵ По современной терминологии — небесная механика; через r и φ здесь обозначены радиус-вектор и истинная аномалия планеты.

⁶ Цит. по: [179, с. 377].



Портрет Бесселя и графики Бесселевых функций
на почтовой марке
ФРГ, 1984 г.

менее за этими функциями в математике прочно закрепилось название функций Бесселя [179, с. 473—475]. Долгое время ряды и интегралы для цилиндрических функций использовались в математике, не имея ни специального названия, ни общепринятого обозначения. Бессель впервые ввел в 1824 г. обозначение для функций первого рода, используя символ $I_k^{\frac{1}{2}}$. Название Бесселевых функций они получили в 1857 г. по предложению О. Шлемильха, который в работе «О функции Бесселя» [241] писал о том, как исследование планетных возмущений «привело Бесселя к своеобразной трансцендентной функции, которая также встречается в теории тепла (Фурье. . .) и которая в последнее время приобрела, благодаря вычислениям г. доктором Ганзенем. . . такое значение, что этот последний оказался вынужденным значительно расширить Бесселевы таблицы этой функции. В соответствии с этими фактами указанная трансцендентная функция, которую, как мы полагали, *лучше всего назвать именем открывшего ее ученого* (курсив наш. — К. Л.), определенно заслуживает полного внимания» [241, с. 137] ⁷. Хотя

⁷ Цит. по: [179, с. 379—380].

Шлемильх допускает ошибку, приписывая открытие Бесселя, данное им название «Бесселева функция» быстро распространилось в математической литературе и сохраняется до сих пор. По-видимому, популярности этого названия способствовала широкая известность Бесселя и его прочный научный авторитет. Термин «цилиндрическая функция» был введен позже, в 1868 г., немецким математиком Э. Гейне [236, с. 128] ⁸.

С тех пор и доныне оба названия — «функция Бесселя» и «цилиндрическая функция» — успешно сосуществуют; правда, второй термин употребляется в более общем смысле — как решение дифференциального уравнения Бесселя при произвольном индексе h и охватывает наряду с собственно функциями Бесселя также функции Вебера, Неймана, Ганкеля и некоторые другие. При этом под функцией Бесселя понимается цилиндрическая функция 1-го рода — решение дифференциального уравнения Бесселя в случае, когда индекс h не является целым числом.

Математический талант Бесселя-аналитика и Бесселя-вычислителя проявился и при решении многих других задач астрономии, геодезии, физики. Его работы о возмущенных кометных орбитах, о системе Сатурна, его теория затмений и покрытия звезд Луной, его решение ряда проблем высшей геодезии, его методы определения длины секундного маятника и другие исследования несут на себе печать незаурядного математического дарования их автора.

Отношение Бесселя к математике как к инструменту исследования природы нашло отражение в следующих его словах: «Теперь нам осталось одно достойное удивления — это сила *математики как вспомогательного средства*, которое ум человеческий создал для своего собственного подкрепления. При помощи этого сильного орудия человек имел возможность привести к единству ряд явлений, который, начинаясь движением Солнца и Луны, заключает в себе изменение высоты поверхности моря» [99, с. 39]. (Речь идет о приливных явлениях в океане.) Поэтому, говоря о математическом творчестве Бесселя, не следует переоценивать его вклад в чистую математику: главная заслуга Бесселя-математика состоит в соединении математической теории с астрономической практикой, в возведении надежного ма-

⁸ Там же. С. 474.

тематического фундамента под здание новой позиционной астрономии.

Таким образом, основу Бесселевой реформы практической астрономии составили теория инструментальных и личных ошибок, универсальная теория редуций и новейший математический аппарат, введенный Бesselем во все звенья этой науки. С помощью этих средств он добился значительных научных результатов как в самой астрономии, так и в геодезии, гравиметрии, метрологии и сопредельных с ними науках.

Глава 7

Фундамент новой астрономии

Одним из важнейших условий прогресса астрономической науки как в прошлые времена, так и ныне было и остается повышение точности определения положения небесных объектов. Результаты усилий астрономов в этом направлении концентрируются в каталогах звездных положений — той координатной опоре, в которой исследуются движения планет, комет и спутников, с которой связаны измерения точного времени, определение географических координат и азимутов, на которой в конечном итоге строятся представления о геометрии и кинематике Вселенной.

В начале XIX в. астрономия располагала в этом отношении уже достаточно обширным материалом: к 13 томам пока еще «сырых», но потенциально очень ценных гринвичских наблюдений Дж. Брадлея прибавилась в 1801 г. «Небесная история» Ж. Лаланда — каталог положений около 50 тысяч звезд до 9-й величины; в 1803 и 1814 гг. вышли в свет каталоги Дж. Пиацци: первый содержал 6748 звезд, второй, включавший в себя каталог 1803 г., — 7646 звезд. Были известны и другие, не столь значительные работы. Бессель также рассматривал создание звездных каталогов в качестве одной из первостепенных своих задач. При этом он стремился не только существенно повысить их точность, но и впервые в истории астрономии поставил перед собой цель построить высокоточную фундаментальную систему звездных положений путем синтеза нескольких каталогов с разными эпохами наблюдений. На протяжении трех с половиной десятилетий Бессель в той или иной форме вел работы, связанные с созданием звездных каталогов. Вначале, не имея удовлетворительных инструментальных средств для точных позиционных наблюдений, он посвятил около восьми лет обработке наблюдений Брадлея, главным результатом которой стал лучший по тем временам звездный ката-

лог [14], тем более ценный, что его эпоха — 1755 год — отстояла на полстолетия от времени обработки. Затем Бессель начал на созданных им новых принципах вести систематические позиционные наблюдения в Кенигсберге, результатом которых стали его каталоги 1815 и 1825 гг., зонный каталог Вейссе, а также Берлинские академические звездные карты. На основе своих и Бадлеевых наблюдений он построил первый фундаментальный каталог звезд «Кенигсбергские таблицы». Работы Бесселя по созданию звездных каталогов были для своего времени образцом тщательности исполнения и стали неотъемлемой частью фундамента новой позиционной астрономии XIX—XX вв.

Fundamenta Astronomiae

Первая из наиболее крупных работ Бесселя, сыгравшая исключительно важную роль в развитии фундаментальной астрометрии и звездной астрономии XIX в., — «Fundamenta Astronomiae» («Основания астрономии»). Ее основу составили обработанные Бесселем гринвичские наблюдения Бадлея 1750—1762 гг. Таким образом, «Основания» имели полувековую предысторию, начавшуюся тогда, когда новый директор Гринвичской обсерватории Джеймс Бадлей, назначенный на этот пост в 1742 г., приступил к замене старых инструментов более совершенными, заказанными у механика Джона Бирда. На новых инструментах — пассажном с 8-футовым фокусным расстоянием и диаметром объектива 2,7 дюйма и стенном квадранте с сектором радиусом 8 футов — Бадлей в течение 12 лет до самой смерти систематически наблюдал звезды, планеты, Солнце и Луну. Высокое качество инструментов, соединенное с непревзойденным мастерством наблюдателя, обеспечило определение координат светил с точностью до нескольких дуговых секунд. Это был лучший результат XVIII в.

Около 62 тыс. наблюдений выполнил гринвичский астроном, не отступая от установленного им высокого стандарта точности, но лишь малая доля этого ценнейшего материала была обработана самим Бадлеем: слишком утомительными были рутинные редуцированные вычисления, слишком много они отнимали драгоценного времени, которое Бадлей желал посвятить научным занятиям более высокого свойства. В то время не было

удовлетворительных теорий рефракции, прецессии, нутации, не было единой методики редуций. Теория инструментальных ошибок лишь зарождалась в трудах самого Бадделя. После смерти астронома в 1762 г. 13 томов журналов его наблюдений пролежали без движения свыше тридцати лет из-за затянувшейся тяжбы между наследниками Бадделя и Британским Адмиралтейством [205, с. 318] за право обладания этими материалами. В конечном итоге наблюдения Бадделя были переданы Оксфордскому университету, взявшему на себя труд по их изданию.

В 1798 г. вышел из печати первый том этого издания [230], включавший наблюдения с сентября 1750 г. по декабрь 1755 г. Первую часть тома (объемом 301 с.) составили наблюдения на пассажном инструменте моментов кульминаций Солнца, планет и звезд; вторую часть (202 с.) — наблюдения на стенном квадранте зенитных расстояний светил. Второй (и последний) том, включавший наблюдения Бадделя за 1756—1762 гг., а также некоторые более ранние (до 1750 г.), был издан в 1805 г. В этот том были включены также наблюдения 1762—1764 гг., выполненные после смерти Бадделя Блиссом и Грином, и некоторые другие материалы. Общий объем обоих томов превышал 1000 страниц.

Журналы Бадделя свидетельствуют о его добросовестности и исключительной требовательности к себе как наблюдателю. Кроме обязательных систематических записей моментов по часам и отсчетов по квадранту, показаний барометра и термометра здесь часто встречаются пометки о незначительных, казалось бы, подробностях наблюдений: «Слегка смазал чистым маслом анкер часов. Теперь маятник колеблется на $1^{\circ}58'$ в каждую сторону» (15 февраля 1754 г.). 18 февраля того же года: «Маятник раскачивается теперь на $2^{\circ}8'$ или на $10'$ больше, чем до смазки». Сколь строго относился Баддель к тщательной выверке инструментов, свидетельствуют, например, такие пометки: «Задел телескоп» (19 ноября 1754 г.). И через день, 20 ноября: «Прохождение Полярной звезды показало, что коллимационная линия изменилась вследствие толчка, который телескоп получил прошлой ночью после прохождения через меридиан λ Piscium, поэтому я отрегулировал его перед прохождением α Aquilla и установил нить точно на марке. Положение оси не изменилось, а направление инструмента изменилось столь незначительно, что

не повлияет заметно на звезды к югу от зенита. Таким образом, наблюдения этих звезд можно считать достаточно точными для использования» [230, с. 204].

Этот 12-летний запас наблюдений и после опубликования оставался лишь рудой, из которой можно было добыть драгоценный материал звездного каталога только ценой огромного, утомительного и однообразного труда. Кто знает, как сложилась бы судьба Брадлеева наследия, если бы два оксфордских фолианта не попали в руки к Ольберсу, связывавшему в то время большие надежды со своим молодым другом Фридрихом Бесселем.

Проницательный Ольберс хорошо понимал, как укрепились бы основания позиционной астрономии, если бы наряду с каталогами Пиацци и Лаланда она обогатилась столь же основательным каталогом с более ранней эпохой. 10 мая 1807 г. в письме к Бесселю в Лилиенталь он писал: «При известном мастерстве Брадлея и превосходнейших инструментах Гринвичской обсерватории этот список звезд не во многом уступит по точности наблюдениям Пиацци. И что в высшей степени заманчиво — это возможность получить на 1750 г. столь же точный каталог, какой составил Пиацци на 1800 г. . . . Было бы очень жаль, если бы брадлеевские наблюдения неподвижных звезд остались неиспользованными. И Вы, мой лучший друг, имеете возможность наилучшим образом распорядиться Вашим временем, тем более что издание такого рода каталога неподвижных звезд, я уверен, оказало бы самое благоприятное влияние на Ваше будущее» [94, с. 98].

Через три дня, 13 мая 1807 г., Бессель писал Ольберсу: «Ваше предложение относительно наблюдений Брадлея доставляет мне не только честь, но и большую радость. Воистину я не в силах воздать в должной степени судьбе за то, что она одарила меня другом, который так заботится обо мне, так часто поддерживает меня словом и делом. Ваше предложение я, безусловно, принимаю, тем более что согласно и моему убеждению эта работа чрезвычайно интересна и важна» [94, с. 99].

Летом 1807 г. Бессель приступил к обработке наблюдений Брадлея. Главной целью этого грандиозного предприятия было составление со всей возможной точностью звездного каталога на равноденствие 1755 г. и вместе с тем углубление теорий рефракции, прецессии, нутации, аберрации. Кроме того, сравнение поло-

жений звезд на эпоху каталога с их положением в начале XIX в. обещало дать надежные сведения о собственных движениях звезд.

Прежде всего Бессель исследовал ошибки основных инструментов Бадлея — стеного квадранта и пассажного инструмента, а также ошибки других инструментов, которыми частично пользовался Бадлей, — зенитного сектора и стеного квадранта Грехэма. На весь период наблюдений Бадлея Бессель составил таблицу поправок часов с интервалами 1—3 суток, вычислил моменты равноденствий и величину наклона экватора к эклиптике по наблюдениям Солнца. Эти два последних элемента нужны были для строгого фиксирования в пространстве системы экваториальных координат, в которой задавались положения звезд каталога. Обработав наблюдения близполюсных звезд, прежде всего Полярной, Бессель вывел для широты Гринвича значение $51^{\circ}28'39'',6$.

Регулярные записи о температуре и давлении воздуха в журналах Бадлея послужили Бесселю материалом для строгого учета рефракции. При этом он использовал новые данные об экспоненциальном законе убывания плотности воздуха с высотой и усовершенствовал теорию рефракции Лапласа и Крампа. Бессель вывел формулу [14, с. 29], выражающую величину истинной рефракции R через следующие аргументы (в обозначениях «Оснований»):

$\delta\theta$ — средняя рефракция (главный член рефракционной поправки);

τ — температура воздуха по шкале, принятой Бадлеем;

τ' — температура в барометре;

b — барометрическое давление в английских дюймах ртутного столба.

Из формулы Бесселя следует, что истинная рефракция R совпадает со средней $\delta\theta$ при $\tau=50^{\circ}$ и $b=29,6$ английского дюйма. Именно эти значения параметров (что соответствует $+9,3^{\circ}\text{C}$ и $751,8$ мм ртутного столба) были приняты Бесселем для некоторой «средней» атмосферы, для которой вычислялся член $\delta\theta$. Постоянная рефракции, т. е. величина средней рефракции на видимом зенитном расстоянии 45° , равнялась у Бесселя $57'',538$ [14, с. 40]. В «Основаниях» помещены таблицы рефракции по аргументу зенитного расстояния от 0°

до $90^{\circ}30'$ с шагом $20'$ в пределах от 0° до 78° и с шагом $10'$ от 78° до $90^{\circ}30'$.

Рефракционные таблицы были опубликованы Бесселем задолго до издания «Оснований астрономии» и получили высокую оценку астрономов. Парижская Академия отметила их в 1811 г. премией Лаланда. Посылая свои таблицы в 1813 г. в Петербургскую Академию наук, Бессель писал Н. И. Фуссу: «Новые таблицы рефракции. . . по своей форме и существу сильно измененные, уже были многократно апробированы чужими наблюдениями, и мне кажется, что их можно подвергнуть лишь незначительным улучшениям, которые, вероятно, больше относятся к области физики, чем астрономии, так как они зависят от более точного знания строения атмосферы» [117, с. 324].

В «Основаниях астрономии» Бессель заложил фундамент своей теории редукций. Он составил таблицы aberrации и нутации для приведения звезд на видимое место, разработал способы учета этих явлений, а также годичного параллакса и прецессии. Попытки найти фактические параллаксы некоторых звезд оказались безуспешными — тонкий параллактический эффект «растворялся» в ошибках наблюдений (см. гл. 8).

Главным итогом всей работы стал каталог точных положений 3222 звезд. Средняя ошибка положений звезд в каталоге составила $\pm 0,16$ секунды времени по прямому восхождению и $\pm 1,3$ по склонению [165, с. 18]. Каталог Бадлея—Бесселя, таким образом, оказался точнее каталогов Пиацци 1803 и 1814 гг., хотя последний наблюдал спустя несколько десятилетий после Бадлея (в 1792—1813 гг.) и на более совершенных инструментах Рамсдена. Качество каталогов Пиацци заметно пострадало из-за пренебрежения им инструментальными ошибками и влиянием на наблюдения внешних факторов. В тех вопросах, где требовалось сравнение положений звезд в разные эпохи, Бессель пользовался каталогом Пиацци.

Именно таким образом он нашел новое значение постоянной прецессии. Бессель исходил из предположения, что величины и направления собственных движений звезд распределены случайным образом, поэтому их алгебраическая сумма для достаточно большого числа звезд в данной площадке небесной сферы равна нулю. В этом случае средние изменения экваториальных координат большого числа звезд в площадке за

промежуток времени достаточной продолжительности будут носить систематический характер, обусловленный прецессией. Исходя из некоторого приближенного значения постоянной прецессии, можно из условных уравнений, составленных отдельно по прямому восхождению α и склонению δ для каждой звезды, определить по способу наименьших квадратов поправку к принятому приближенному значению постоянной прецессии. Бессель использовал для сравнения с «Основаниями» оба каталога Пиацци — 1803 и 1814 г. (с общим равноденствием 1800,0). При этом по α сравнивались 2220 звезд из каталога 1803 г. и 2278 звезд из каталога 1814 г.; по δ — соответственно 2365 и 2429 звезд [14, с. 285]. Обработав этот материал, Бессель получил на 1750 г. значения $p=50,34$ для лунно-солнечной прецессии в долготе (т. е. для смещения точки Весны по эклиптике за тропический год) и $l=50,18$ для общей прецессии в долготе, т. е. суммы p и прецессии от планет. Это было первое определение постоянной прецессии, полученное строгим методом на большом статистическом материале.

Каталог Пиацци 1814 г. был использован и для определения собственных движений звезд посредством сравнения с «Основаниями». Годичные собственные движения ряда звезд Бессель сумел определить с достаточно малой вероятной ошибкой $0'',2$. Эти данные он использовал для проверки вывода В. Гершеля о движении Солнечной системы в направлении созвездия Геркулеса.

Бессель разработал оригинальный метод исследования, сущность которого состоит в следующем. Если Солнечная система движется в пространстве, то видимое собственное движение каждой звезды будет результатом действительного пространственного движения этой звезды и ее параллактического смещения, возникающего вследствие движения Солнца. Задача состоит в том, чтобы отделить параллактическую от собственной составляющей движения, не зная расстояния до звезд. Если у достаточно представительной группы звезд обнаружатся параллактические составляющие, продолжения которых сходятся в одной точке, то это и будет свидетельством движения Солнца к этой точке (апексу). Бессель сопоставил каждой звезде с найденным собственным движением две точки небесной сферы — полюсы большого круга, по которому на-

правлено собственное движение звезды. Если бы движения звезд были чисто параллактическими, то геометрическим местом полюсов этих кругов был бы большой круг, плоскость которого перпендикулярна линии апекс—антиапекс (противоположная апексу точка небесной сферы). Но так как собственные движения не являются чисто параллактическими, то полюсы будут иметь некоторый разброс около этого круга, положение которого можно определить способом наименьших квадратов.

Для решения этой задачи Бессель исследовал собственные движения 71 звезды из «Оснований», однако определенно выраженной закономерности, которая подтвердила бы вывод В. Гершеля, не обнаружил. Его усилившееся недоверие к результатам английского астронома разделяли и некоторые коллеги Бесселя (Био, Буркхардт, Дж. Гершель). Это недоверие было тем более обоснованным, что два результата, полученные В. Гершелем в разное время, плохо согласовывались друг с другом: положения апекса, выведенные в 1783 и в 1805 г., отличались на 30° . Потребовалось еще два десятилетия, чтобы вывод Гершеля о движении Солнечной системы был подтвержден. Это сделал Аргеландер, исследовав собственные движения 390 звезд (1837 г.). Результат Аргеландера уже не оставлял никаких сомнений, тем более что вероятная ошибка собственных движений у него составляла всего лишь $0'',014$ [185, с. 60]. По всей вероятности, статистический материал, которым располагал Бессель, был недостаточно точен для решения столь тонкой задачи.

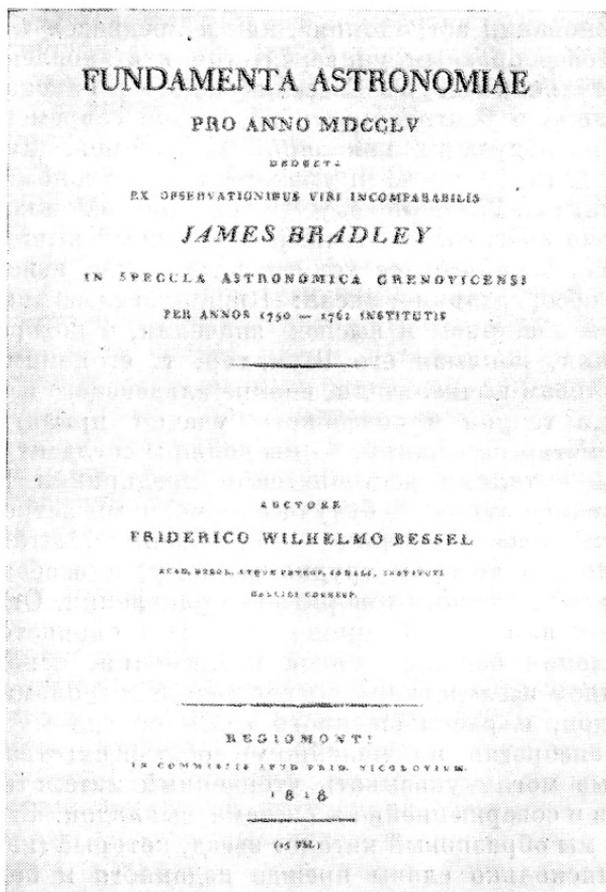
Обработку наблюдений Брадлея, начатую в 1807 г. в Лилиентале, Бессель в основном закончил в 1813 г. в Кенигсберге — как раз в то время, когда было завершено строительство обсерватории и на ней начались систематические наблюдения. Между началом и концом подвижнического труда над «Основаниями» были интенсивные наблюдения и вычисления в Лилиентале, составление многочисленных рецензий, хлопоты, связанные с переездом в Кенигсберг, чтение лекций в университете, бесчисленные заботы по строительству и оснащению обсерватории, тяготы военного времени, наконец женитьба. Но, как говорил сам Бессель, «я ничего не могу оставить незаконченным, для меня это невозможно» [150, с. 196]. Эти слова в полной мере можно отнести и к работе над «Основаниями астрономии».

Неожиданные трудности возникли с опубликованием книги: «Мой труд о наблюдениях Брадлея теперь совсем закончен, так что я мог бы начать печатание, если бы нашел издателя, — писал Бессель 11 марта 1815 г. в Петербург Н. И. Фуссу. — К сожалению, это теперь невозможно, как этому меня научили несколько неудачных попыток. . . Но такова участь научных работ вообще! Романы и комедии находят больше участия» [117, с. 329]. В ожидании публикации рукопись не лежала без движения: Бессель постоянно совершенствовал ее и дополнял новыми данными. Так, после выхода в свет в 1814 г. второго каталога Пиацци работа была существенно дополнена в тех ее разделах, где требовалось сравнение звездных положений на разные эпохи. В том же письме Фуссу содержится краткая оценка «Оснований» их автором: «Я твердо считаю, что крайне ценные результаты этих наблюдений будут очень полезны для астрономии, и поэтому очень сожалею, что не могу опубликовать плоды 8-летней¹, часто очень напряженной работы. Очень много исследований было недавно выполнено или еще на руках астрономов, которые могли бы быть закончены с несравненно большей выгодой посредством наблюдений Брадлея. Это собрание наблюдений в своем роде уникально как по своей большой точности, так и по своей полноте» [117, с. 329]. Бессель близко к сердцу, и не без оснований, принимал задержки с печатанием.

Только в 1818 г. в издательстве книгопродавца Фр. Николовиуса в Кенигсберге вышло из печати сочинение на латинском языке под титулом: «*Fundamenta Astronomiae pro anno MDCCLV deducta ex observationibus viri incomparabilis James Bradley in specula astronomica Grenovicensi per annos 1750—1762 institutis*» («Основания астрономии для 1755 г., выведенные из наблюдений несравненного мужа Джеймса Брадлея, произведенных в Гринвичской астрономической обсерватории в 1750—1762 гг.»)² Книга объемом 338 страниц начиналась посвящением Ольберсу, вдохновившему Бесселя на этот труд; затем следует предисловие с кратким изложением истории издания и обработки журналов Брадлея. Пять следующих страниц содержат наименования

¹ В статье [117] акад. А. А. Михайлова здесь — «18-летней», но, по-видимому, это опечатка.

² Возможное название книги обсуждалось в переписке с Ольберсом.



Титульный лист «Оснований астрономии»,
1818 г.

53 адресатов, которым по подписке выслана книга, и количество высланных экземпляров. В перечне городов — Амстердам, Берлин, Краков, Дублин, Флоренция, Женева, Лондон, Вена, Бремен и другие названия. Среди адресатов — Цах, Гаусс, Гардинг, Шумахер, Фр. Шретер, Рейхенбах, Д. Куленкамп, многие обсерватории и библиотеки. Часть книг отправлялась в Россию: в Петербург, в адрес Академии наук, а также Ф. И. Шуберту и В. К. Вишневному; в Николаев — адмиралу А. С. Грейгу, в Вильно Яну Снядецкому, в Ригу Койслеру; в Митаву Паукеру и в обсерваторию в Дерпте.

«Основания астрономии», как и предвидел Ольберс, стали своеобразным университетом в становлении монументальной фигуры Бесселя-ученого и снискали ему признание и благодарность не только современников, но и последующих поколений астрономов. Дж. Гершель, цитируя слова Шумахера из «Астрономических известий» № 175 по поводу «Оснований»: «Можно утвердительно сказать, что точный и искусный вычислитель принесет теперь более услуги астрономии, нежели две новые обсерватории», писал: «Принимая слово „вычислитель“ в обширном и высшем значении, в котором, без сомнения, понимал его Шумахер, т. е. понимая под этим словом вычислителя, вполне владеющего всеми пособиями теории и способного удачно прилагать их к предметам изысканий, — мы должны согласиться, что именно с такими достоинствами предпринял Бессель и счастливо окончил, будучи еще молодым астрономом, великое свое творение — *Fundamenta Astronomiae*, творение, о котором трудно всякому, а особенно английскому, ученому говорить без удивления. Оно представляет нам первый пример полного и окончательного вычисления больших рядов наблюдений, основанных на точном исследовании погрешностей астрономических приборов, и расположенного везде по одному плану, не пренебрегая ни малейшими обстоятельствами, на которые могли указывать утонченный математический анализ и совершеннейшая система выкладок. Здесь находим мы образцовый каталог звезд, который (не уменьшая нисколько славы прежде изданного и более обширного каталога Пиацци) всегда будет чрезвычайно важен. Англичане не могут не гордиться тем, что их национальная обсерватория представила в двенадцатилетних трудах одного британского астронома полную массу драгоценных материалов, послуживших впоследствии к столь мастерскому и столь классически пропорциональному начертанию изящных оснований новейшей звездной астрономии. Кроме определения места звезд, объяснения свойств инструментов и вывода многих данных, имеющих местное значение, в знаменитом сочинении Бесселя встречаем мы изыскания, относящиеся к проверке многих из общих астрономических числовых оснований и навсегда остающихся высокими образцами тонких, могущественных анализов и монографий, исчерпывающих свой предмет. Эти изыскания оживляются множеством верных и остроумных взгля-

дов и представляют нам всю совокупность наших сведений о теории рассматриваемых вопросов во всей простоте, которую только может допустить их сложность, и притом в такой форме, которая есть самая удобная для практических приложений» [145, с. 6—7]³.

Данная здесь оценка «Оснований» интересна прежде всего тем, что она принадлежит современнику и коллеге Бесселя, хорошо знакомому с проблемами астрономии своего времени. Книга Бесселя стала одним из краеугольных камней новой астрономии XIX столетия и одновременно начальным пунктом строгих и надежных измерений. Еще долгое время каталог Бадлея—Бесселя служил обязательным элементом при построении фундаментальных (нормальных) звездных каталогов [214, с. 38]. В совокупности с более поздними каталогами Бесселя «Основания астрономии» легли в основу первого в астрономии фундаментального каталога — Бесселевых «Кенигсбергских таблиц».

«Кенигсбергские таблицы»

Фундаментальным каталогам принадлежит особая роль в астрономии: они задают основную, фундаментальную систему экваториальных координат, т. е. наиболее вероятнейшие значения прямых восхождений, склонений и собственных движений некоторого списка звезд с принятой величиной постоянной прецессии. Фундаментальная система выводится из нескольких разновременных каталогов, в которых координаты звезд определены максимально точно, как правило, из абсолютных наблюдений. Заново вычисляются также фундаментальные постоянные астрономии. Звездные каталоги других типов, например дифференциальные, задают положения звезд относительно принятой фундаментальной системы. К ней относят и координаты светил в астрономических ежегодниках. Построение фундаментальной системы осложняется трудностью исключения систематических ошибок исходных каталогов, а вследствие недостаточно точного знания собственных движений звезд она со временем «стареет», и появляется необходимость ее обновления. Из-за большого объема наблюдательной и вычислительной работы, потребной

³

Цит. по: Современник. 1847. Т. 6. С. 20—21 [124].

для вывода фундаментальных каталогов, они содержат относительно небольшое число звезд.

Первый фундаментальный каталог — «Кенигсбергские таблицы» — включал 38 звезд, а именно 36 так называемых звезд Маскелайна⁴ — ярких звезд 1—2-й звездной величины, удаленных не более чем на 40° от небесного экватора и доступных наблюдению в любое время суток, и две близполюсные звезды: Полярную и δ Малой Медведицы. Звезды Маскелайна можно наблюдать днем совместно с Солнцем, что и делается для определения нуль-пункта прямых восхождений фундаментальной системы, а также наклона небесного экватора к эклиптике. Для вывода фундаментальной системы Бессель использовал в качестве исходных каталогов «Основания астрономии», а также два каталога, полученные им по наблюдениям в Кенигсберге сначала на пассажном инструменте и круге Кери, затем на меридианном круге Рейхенбаха (каталоги 1815 и 1825 гг.). Таким образом, эпохи исходных каталогов отличались на 70 лет, что позволило Бесселю достаточно надежно определить собственные движения звезд. Он вычислил средние и видимые места с 1750 г. по 1850 г. В «Кенигсбергских таблицах» получила окончательный, отточенный вид Бесселева теория редукций с ее изящной алгоритмической частью, ведущая начало от «Оснований астрономии».

Книга объемом 606 страниц под названием «*Tabulae Regiomontanae reductionum observationum astronomicarum ab anno 1750 usque ad annum 1850 computatae*» [43] («Кенигсбергские таблицы, вычисленные для приведения астрономических наблюдений с 1750 г. по 1850 г.») вышла из печати в 1830 г. По содержанию она делится на три неодинаковые по объему части: в первой части (с. III—XXIII) излагаются в сжатой форме Бесселевы теория и формулы прецессии, собственных движений звезд, нутации и абберрации; во второй части (с. XXIV—LXIII) даются объяснения к таблицам, составляющим основную третью часть книги (с. 1—543).

Собственно каталог звездных положений содержится в табл. X, разбитой по аргументу времени на пять частей по два десятилетия в каждой. Видимые места звезд в каталоге даются с интервалом 100 суток, сред-

⁴ Н. Маскелайн составил в 1774 г. каталог этих звезд.

**TABULAE
REGIOMONTANAE
REDUCTIONUM**

OBSERVATIONUM ASTRONOMICARUM

AB ANNO 1750 USQUE AD ANNUM 1850

COMPUTATAE.

AUCTORE

FRIDERICO WILHELMO BESSEL.

**REGIOMONTI PRUSSORUM:
SUMTIBUS FRATRUM BORNTRAEGER.
1830.**

PARISIIS: APUD BACHELIER.

LONDINI: APUD TREUTTEL, WUERZ & RICHTER. —

BLACK YOUNG & YOUNG.

AMSTERODAMI: APUD MULLER & COMP.

PETROPOLI: APUD GREFF.

Титульный лист «Кенигсбергских таблиц»,
1830 г.

ние места — на момент начала каждого Бесселева года (см. гл. 6). Эти моменты для каждого календарного года приведены в табл. I по среднему времени Парижской обсерватории; для пересчета их на время других обсерваторий в табл. II даны долготы относительно Парижа 20 обсерваторий. Другие таблицы содержат данные о прецессии и нутации, Бесселевы редукционные величины с интервалом 10 суток, эфемериды Солнца и Луны, соотношение между промежутками среднего и звездного времени. Последняя таблица (XIV) вместе

со вспомогательными таблицами служит для точного учета рефракции. Средняя рефракция дана для зенитных расстояний от 0° до 85° : с интервалами 5° в промежутке от 0° до 30° ; 1° в промежутке от 30° до 75° ; $10'$ в промежутке от 75° до 85° . Вспомогательные таблицы содержат поправочные величины, зависящие от давления и температуры воздуха, а также от температуры ртути в барометре.

Итак, «Кенигсбергские таблицы», будучи фундаментальным звездным каталогом, вместе с тем явились исчерпывающим практическим руководством по новой теории редуций. «Насколько Ваши столетние редуционные таблицы являются жертвой с Вашей стороны, настолько они для науки в высшей степени достойный похвалы труд» [150, с. 196], — писал Бесселю Гаусс. Подчеркивая значение алгоритмической части «Таблиц», другой современник Бесселя, Дж. Гершель, говорил, что они «принесли величайшую пользу науке и оказали большое влияние на относящуюся сюда часть практической астрономии» [145, с. 7]⁵. Действительно, Бесселева теория редуций благодаря своей простоте и ясности быстро вошла во всеобщее употребление и, по существу, осталась неизменной до наших дней. Эта теория составляет и ныне основную часть книг по сферической астрономии.

Фундаментальная система «Кенигсбергских таблиц» легла в основу Берлинского астрономического ежегодника (АЕ) и использовалась им с 1830 по 1860 г. В последующие времена фундаментальные системы неоднократно обновлялись: совершенствовалась техника наблюдений и повышалась их точность, создавались новые исходные каталоги, но Бесселевы работы еще не раз послужили астрономам. Их использовал С. Ньюком для фундаментального каталога 1872 г., а затем для каталога 1898 г., система которого стала международной и служила основой астрономических ежегодников разных стран с 1900 по 1927 г. (за исключением Берлинского АЕ).

В разработке звездных каталогов Бессель не оставался только теоретиком — его теоретические работы органически сочетались с широкой практикой собственных наблюдений неба.

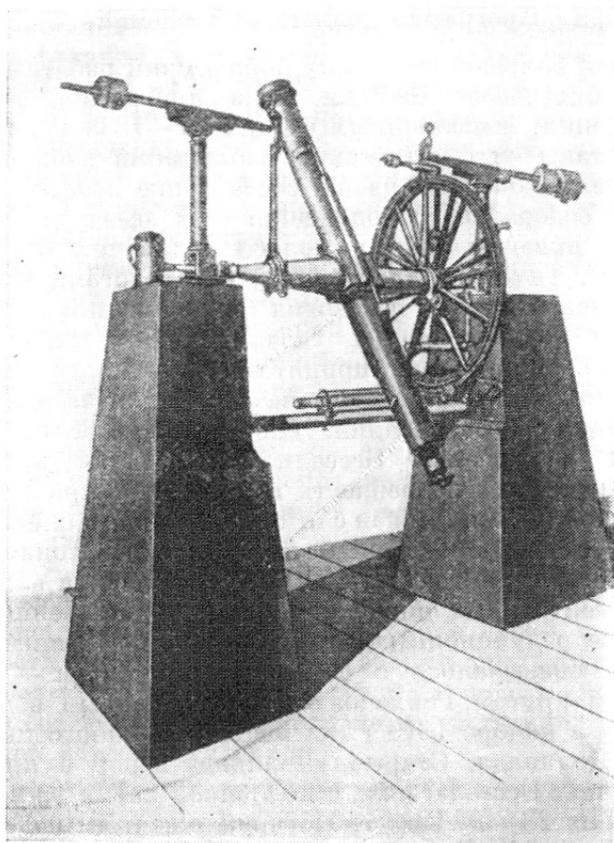
⁵ Цит. по: Современник. 1847. Т. 6. С. 22 [124].

Программа зонных наблюдений

Самой большой по объему наблюдений работой в научной биографии Бесселя была программа зонных наблюдений, выполненных им в 1821—1833 гг. Бесселевы планы систематических наблюдений неба по зонам имели конечной целью составление звездного каталога, содержащего положения всех звезд до 9-й величины включительно в полосе склонений от -15° до $+45^\circ$. Такой каталог наряду с каталогами Пиацци и Брадлея—Бесселя послужил бы еще одним опорным пунктом в основаниях позиционной астрономии, а также, благодаря принятому принципу отбора звезд, доставил бы богатый материал для звездно-статистических исследований. Наконец, по результатам зонных наблюдений Бессель намеревался издавать звездные карты, потребность в которых остро ощущалась астрономами в связи с открытиями первых астероидов. Методика наблюдений по небольшим зонам обещала повышение точности за счет уменьшения влияния инструментальных ошибок, а также существенное облегчение редуccionных вычислений. Выполнение программы связывалось с новым инструментом — меридианным кругом Рейхенбаха, установленным в обсерватории в ноябре 1819 г. на месте пассажного инструмента Доллонда. Старый «Доллонд» верой и правдой прослужил Бесселю пять с половиной лет: с 12 ноября 1813 г. по 28 мая 1819 г. По приближенным подсчетам Г. О. Струве (1899 г.), на этом инструменте Бессель выполнил около 15 700 наблюдений, в том числе 5600 наблюдений фундаментальных звезд, 900 наблюдений Полярной, 7700 наблюдений примерно 900 других звезд, 1500 наблюдений «подвижных» небесных объектов [247, с. 1f] ⁶. Инструмент Доллонда был передан в обсерваторию в Бреслау (ныне г. Вроцлав, ПНР).

Меридианный круг Рейхенбаха для своего времени был одним из самых совершенных астрометрических инструментов. Телескоп имел объектив с отверстием в 4 парижских дюйма и фокусным расстоянием 5 футов и был снабжен четырьмя сменными окулярами, из которых сильнейший давал увеличение в 182 раза. Деления круга нанесены были через $3'$; отсчет круга до $1''$ снимался с помощью четырех верньеров (для зон-

⁶ Здесь данные проведены по: [142, с. 47].



**Меридианный круг Рейхенбаха,
1819 г.**

ных наблюдений Бессель заменил верньеры более точными микроскоп-микрометрами). Положение горизонтальной оси длиной 2,7 фута поверялось уровнем. По предложению Бесселя в конструкции инструмента предусматривалось по возможности симметричное распределение масс для достижения равномерной нагрузки опор и уменьшения эффектов гнущия. Новые каменные опоры инструмента покоились на массивных основаниях, уложенных глубоко под полом меридианного зала, и не соприкасались ни с вертикальными стенками углублений, ни с полом павильона. Вследствие этого дрожание пола и стен павильона инструменту не передавалось.

Несколько месяцев длилось исследование меридианного круга; наконец в марте 1820 г. он был готов к наблюдениям. Первые полтора года на круге Рейхенбаха велись вспомогательные наблюдения (определение высоты полюса, исследование рефракции и т. п.), а также текущие наблюдения звезд, Солнца, Луны и планет, подобные тем, что прежде выполнялись на инструментах Доллонда и Кери. В июне 1821 г. Бессель получил от Пистора специальные приспособления, заказанные для зонных наблюдений. Это были два микроскоп-микрометра для считывания делений круга, указатель, жестко связанный с осью и при повороте трубы легким постукиванием сигнализировавший о достижении границы данной зоны по склонению; наконец, Пистор изготовил также четыре микроскоп-микрометра, предназначенные для исследования делений круга. Для более надежного учета рефракции Бессель заказал также новый термометр.

Зонные наблюдения начались 19 августа 1821 г. Методика их была такой. Телескоп выставлялся на определенное зенитное расстояние и плавно покачивался наблюдателем вокруг горизонтальной оси в пределах 2-градусной зоны. Когда в поле зрения появлялась звезда не слабее 9-й величины, Бессель выводил ее на горизонтальную нить сетки и отмечал по часам моменты пересечения вертикальных нитей, в то время как его помощник (до 1823 г. это был Ф. Аргеландер) считывал показания на круге. Наблюдение выбранной зоны могло длиться несколько часов и охватывать до нескольких сотен звезд. Зонной программе в эти годы Бессель придавал первостепенное значение и отводил ей по возможности большую часть ночного времени; прочие наблюдения на меридианном круге переносились на день, и без того полный забот. Это было очень трудное время. Бессель надеялся, что Гаусс, имевший в Геттингене точно такой же меридианный круг, возьмет на себя часть зонных наблюдений, но у Гаусса были другие планы, и в этой работе он не принял участия.

К 1825 г. после трех с половиной лет работы Бессель завершил первую часть своей зонной программы — наблюдения в экваториальном поясе неба от -15° до $+15^\circ$ по склонению. К этому времени были измерены положения 31 895 звезд. Результаты регулярно публиковались в «Наблюдениях Кенигсбергской обсерватории» начиная с 7-го тома. Бессель нашел очень удачную

форму представления своих наблюдений, снабдив координаты звезд в зоне с исправленными инструментальными ошибками небольшими редуцированными таблицами, с помощью которых простым вычислением можно было привести наблюдения к среднему месту на начало 1825 г. «Только тот, кто по собственному опыту имеет представление о работе по редукации наблюдений не по этой системе, может оценить экономию неизбежного здесь тяжелого и рутинного труда. . . Это поднимает журнал наблюдений до уровня каталога» [146, с. 111] — так сказал Дж. Гершель в речи 13 февраля 1829 г. на заседании Лондонского Королевского астрономического общества, наградившего Бесселя за выполненную часть зонных наблюдений золотой медалью.

Наблюдения в 30-градусной зоне вдоль экватора послужили основой для изданного в 1846 г. Петербургской Академией наук на эпоху 1825,0 «Каталога Вейссе» (см. гл. 5). Хотя по плану зонных наблюдений каждую звезду предполагалось наблюдать только один раз, среди 31 895 звезд, вошедших в каталог, 4776 звезд оказались наблюденными более одного раза, а 807 звезд выпадали из точных границ пояса от -15° до $+15^\circ$. Таким образом, после исключения дублированных наблюдений и «лишних» звезд в этом поясе остались 31 085 звезд [219, с. 57]. Этот материал был использован В. Я. Струве для глубоких звездноастрономических исследований.

В последующие годы Бессель продолжил наблюдения по зонной программе в поясе от $+15^\circ$ до $+45^\circ$ и закончил их 21 января 1833 г. Всего за неполные 12 лет он выполнил в 536 зонах колоссальное количество наблюдений — 75 011. Вторая часть зонного материала была также обработана М. Вейссе и издана в 1863 г. в Петербурге в виде каталога 31 145 звезд. Наблюдения по зонной методике своего учителя продолжил в 1841—1844 гг. в Бонне Ф. Аргеландер: он отнаблюдал 204 зоны в поясе склонений от $+45^\circ$ до $+80^\circ$ (Бессель также намеревался распространить свои зоны до полюса), а затем, в 1849—1852 гг., в поясе от -15° до -31° (около 17 тысяч звезд). Аргеландер развил Бесселеву идею создания каталогов всех звезд до определенной величины: с февраля 1852 г. по март 1859 г. он с двумя помощниками проделал огромную работу по обзору неба с помощью кометоискателя и гелиометра и выпустил в 1859—1862 гг. каталог 324 198

звезд на эпоху 1855,0 — знаменитое «Боннское обозрение», издание, и донныне не утратившее практической ценности.

Со своими зонными наблюдениями Бессель связывал и еще один замысел — идею создания звездных карт экваториальной части неба. История звездных карт и атласов насчитывала к тому времени уже более двух столетий: один из старейших звездных атласов «Уранометрия» Байера, включавший 51 карту, был издан в 1603 г. Позже астрономия обогатилась атласами Гевелия (1690) и Флемстида (1729), двумя атласами Боде 1782 и 1801 гг. Второй атлас Боде, переизданный в 1819 г., в своих 20 картах содержал изображение 17 240 звезд. Однако эти атласы прошлых веков были неудобны для точных работ, необходимость в которых возникла в начале XIX в. в связи с активными поисками новых планет: по старой традиции вместе с изображениями звезд на листах карт помещались аллегорические изображения созвездий, мешавшие измерениям. Первый атлас из 27 карт, лишенный этого старинного атрибута, был составлен и издан в 1822 г. Гардингом (*Atlas novus coelestis*). И именно благодаря скрупулезной работе над этим атласом, в самом ее начале, Гардингу удалось в 1804 г. открыть малую планету Юнону.

Бессель рассматривал план составления карт 30-градусного экваториального пояса на основе зонных наблюдений как предприятие, призванное облегчить поиски малых планет. Уже в 1825 г. он передал в Берлинскую Академию первый пробный лист карты (см. гл. 4) и получил согласие на издание карт по всем 24 часам прямого восхождения. К составлению карт были привлечены и другие обсерватории, в том числе и Николаевская в России (см. гл. 5). Издание карт осуществлялось под руководством Энке в 1830—1859 гг. «По Бесселеву плану дело состояло не только в изображении наблюденных мест, — писал Энке, — но должно было сделать эти карты достаточно полными, чтобы, сравнивая их впоследствии с небом, можно было узнать непосредственно самые слабые планеты и различить их среди неподвижных звезд, не имея надобности выжидать перемены их положения, определение которой всегда продолжительно и трудно. Предложение Бесселя не было еще вполне исполнено, как уже карты Берлинской Академии осуществили самым блестящим

образом надежды великого астронома»⁷. Энке имеет в виду новые (почти после 40-летнего перерыва) успехи в поисках астероидов в 1845—1850 гг., когда с помощью берлинских карт их было открыто 9, а также сенсационное открытие в 1846 г. планеты Нептун с помощью карты 21-го часа.

Таким образом, результаты зонных наблюдений оказали благотворное воздействие на разные разделы астрономии: и на ее практическую часть, и на звездную астрономию, и — через посредство звездных карт — на представления о нашей планетной системе.

Труды Бесселя по теории и практике создания звездных каталогов послужили в свое время образцом подобного рода работ. Насколько перспективны были выработанные им в этой области принципы, свидетельствуют успехи Пулковской обсерватории, положившей Бесселево учение в основу своей деятельности.

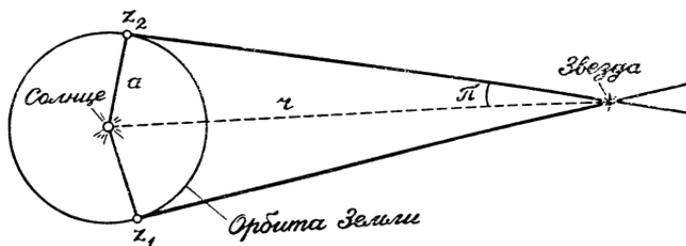
⁷ Цит. по: Араго Ф. Общепонятная астрономия. СПб., 1861. Т. 4. С. 411 [163].

Измерение звездного годового параллакса

Измерение годового параллакса звезды — одно из самых замечательных научных достижений Бесселя, положившее начало строгим представлениям о масштабах звездной Вселенной. Параллактический метод измерения расстояний до звезд основан на простых тригонометрических зависимостях, связывающих углы и стороны треугольника с вершинами в звезде, центре Солнца и точке наблюдений. Вследствие орбитального движения Земли величина угла при звезде периодически изменяется, что вызывает для земного наблюдателя параллактический эффект: звезда описывает на небесной сфере маленький параллактический эллипс с периодом в один год. Угол, под которым наблюдатель видит большую полуось параллактического эллипса, называется годовым параллаксом звезды или просто параллаксом. Легко понять, что под этим углом был бы виден со звезды радиус земной орбиты. Величина малой полуоси параллактического эллипса зависит от углового расстояния звезды от плоскости эклиптики. Для звезды в полюсе эклиптики параллактический эллипс становится окружностью, для звезды на эклиптике он вырождается в отрезок с угловой длиной 2π , где π — угол параллакса. Средний радиус земной орбиты a и расстояние от Солнца до звезды r связаны с параллаксом простым соотношением:

$$r = \frac{a}{\sin \pi},$$

в котором вследствие чрезвычайной малости параллакса ($\pi < 1''$) можно вместо $\sin \pi$ взять π . Если затем от радианной меры перейти к градусной, а расстояние r измерять в астрономических единицах (*a. e.* — средний радиус земной орбиты), то формула для расстояния



Годичный параллакс звезды

звезды с годичным параллаксом π'' принимает вид:

$$r = \frac{206\,264'', 8}{\pi''} \text{ а. е.}$$

Для получения угла π в принципе достаточно было бы измерить разность направлений на звезду из двух точек Z_1 и Z_2 , проходимых в орбитальном движении Землей примерно через полугодовой промежуток. Но измерить этот угол на практике из-за крайней его малости даже для ближайших звезд не удавалось в течение нескольких столетий.

Параллактическая проблема, особенно в XVI—XVII вв., имела не столько астрономическое, сколько мировоззренческое звучание, ибо если бы явление годичного параллакса было обнаружено, то это стало бы прямым и неопровержимым доказательством движения Земли, а тем самым — истинности гелиоцентрической системы мира Н. Коперника. Именно поэтому проблема параллакса была одним из центральных мировоззренческих вопросов естествознания и вокруг нее кипели страсти астрономов не одного поколения.

От времен Коперника до XIX в.

Мысль о том, что параллактические смещения звезд должны быть необходимым и естественным следствием движения Земли вокруг Солнца, возникла во времена античной древности. И то обстоятельство, что наблюдения не обнаруживали никаких признаков параллактических явлений, стало краеугольным камнем идеи о центральном и неподвижном положении Земли во Вселенной. А представление о возможности невообразимо огромных по сравнению с размерами планетной системы расстояниях звезд не укладывалось в рамки

античных космогоний: природа должна была «экономить пространство». Идея геоцентризма была утверждена в философии непрерываемым авторитетом Аристотеля, а в астрономии нашла наиболее полное воплощение в системе мира К. Птолемея.

Н. Коперник, провозгласивший движение Земли вокруг Солнца, попытался найти естественное подтверждение в параллактических смещениях звезд. Конечно, с помощью несовершенного визуального инструмента — трикветрума — решить эту задачу было невозможно. Но неудача не поколебала убеждений великого астронома. Из нее он сделал единственно правильный вывод: параллаксы лежат за пределами точности измерений, и следовательно, звезды по крайней мере в 1000 раз дальше Солнца.

Со времени выхода в свет коперниковского «*De Revolutionibus*» (1543) история астрономии изобилует безуспешными попытками обнаружить годичный параллакс. Лучший наблюдатель дотелескопической эпохи Тихо Браге не принял гелиоцентрической системы именно потому, что его наблюдения не обнаруживали параллакса. Вместе с тем ясные идеи коперниканства побудили его отказаться и от прежней, геоцентрической системы. В результате Тихо создал свою модель, в которой причудливо сочетались черты обеих систем — геоцентрической и гелиоцентрической: все планеты, за исключением Земли, обращаются вокруг Солнца, как у Коперника, но эта планетная система вместе с Солнцем обращается вокруг Земли, как у Птолемея. Допустить же, подобно Копернику, что «расстояние между Солнцем, этим предполагаемым центром мира, и Сатурном было меньше одной семисотой расстояния до сферы неподвижных звезд»¹, Тихо никак не решался.

«Быть может, для Коперникова учения было счастьем то, что астрономические инструменты Тихо Браге были еще столь несовершенны, — писал американский астроном С. Ньюком. — Если бы он нашел, что годичный параллакс неподвижных звезд не достигает и одной секунды, что, следовательно, они по меньшей мере в 200 000 раз дальше от Земли, чем Солнце, — весь астрономический мир, еще не созревший для столь широкого полета космической мысли, остолбенел бы от удивления и пришел бы под конец к выводу, что прав Птолемей, а не Коперник» [202, с. 55].

¹ Цит. по: [167, с. 149].

Коперник и Браге не освободились еще от старых представлений о существовании «сферы неподвижных звезд». Из этих представлений следовало, что все звезды находятся на одинаковых расстояниях от Земли, а значит, имеют одинаковые параллаксы, обнаружить которые можно только по абсолютным изменениям координат звезд в течение года. Иные взгляды на устройство мира звезд проповедовал один из последователей Коперника — Дж. Бруно. По его учению, Вселенная бесконечна, в ней бесчисленное множество звезд, и эти звезды свободно рассыпаны по всему мировому пространству. Мысли Бруно привели Г. Галилея к идее нового подхода к проблеме измерения параллакса. Этот подход, названный дифференциальным методом (в противоположность абсолютному), получил широкое распространение среди астрономов. «Я не думаю, чтобы звезды были рассеяны по сферической поверхности и равно удалены от ее центра, — говорил Галилей устами Сальвиати в «Диалоге о двух системах мира» (1632), — и считаю, что их расстояния от нас настолько различны, что одни звезды могут быть в 2 и 3 раза больше удалены, чем некоторые другие, так что, если бы нашлась посредством телескопа какая-нибудь очень маленькая звезда совсем близко от одной из более крупных и если бы первая притом была очень высока, то может случиться, что в их расположении и произойдет какое-нибудь ощутимое изменение, соответственно тому, что происходит с верхними планетами» [175, с. 275]. Иными словами, если две звезды находятся рядом на небесной сфере, но на существенно разных расстояниях от Земли, то их параллаксы будут различны, и можно попытаться измерить большее параллактическое смещение «близкой» звезды относительно почти неподвижной «далекой». Об относительных расстояниях звезд Галилей предлагает судить по их блеску: в среднем чем ярче звезда, тем она ближе.

Новый метод, в котором стали использовать в качестве высокоточного визирного устройства изобретенный в начале XVII в. телескоп, порождал новые надежды и вызвал новый прилив попыток найти годичный параллакс. Однако время успеха еще не наступило: ни в XVII, ни в XVIII в. решить параллактическую проблему не удалось. И хотя система Коперника обрела веские аргументы в свою пользу в небесномеха-

нических законах Кеплера, а затем в учении Ньютона и проблема параллакса стала терять свою мировоззренческую остроту, становясь проблемой по преимуществу астрономической, желание астрономов получить «классическое», самое естественное и неопровержимое свидетельство истинности гелиоцентризма, а также измерить звездные расстояния, не иссякало. Р. Гук, Дж. Валлис, Х. Гюйгенс, Дж. Флемстид, О. Ремер, Д. Кассини, Ж. Кассини, Р. Лонг, Дж. Брайдлей, В. Гершель — вот перечень имен лишь наиболее известных астрономов, безуспешно пытавшихся в XVII—XVIII вв. абсолютными или дифференциальными методами измерить годовые параллаксы звезд. Никто из них не достиг прямой цели, но, как это и прежде случалось в истории астрономии, упорные усилия ученых нередко вознаграждались открытиями, которых они сами не ожидали.

Так, Брайдлей в поисках параллакса звезды γ Дракона обнаружил по наблюдениям 1725—1728 гг. колебания ее положения с годовым периодом, как того требовала теория параллакса, но фаза этих колебаний не совпадала с ожидаемой параллактической. Брайдлей сделал блестящее открытие, объяснив это явление влиянием аберрации (см. гл. 6). Факт аберрационного смещения звезд с годовым периодом неожиданно стал первым в истории астрономии, полученным из наблюдений доказательством орбитального движения Земли. Без учета аберрации, величина которой на два порядка превышает параллаксы даже ближайших звезд, не было надежды выявить параллактические смещения. Не отказавшись от попыток измерить параллакс все той же γ Дракона, Брайдлей спустя десятилетие (1737 г.) открыл еще одно чрезвычайно важное для практической и теоретической астрономии явление — нутацию земной оси (см. гл. 6). В. Гершель, занимаясь параллактической проблемой, обнаружил орбитальное движение в двойных звездах, т. е. открыл физические двойные.

Совершенствовалась астрономическая техника, уточнялось искусство наблюдений, но параллактический эффект и в начале XIX в. оставался неуловимым, хотя рвение астрономов на этом поприще не ослабевало. Дж. Пиацци в 1805 г. опубликовал результаты своих измерений параллакса звезд: Прокцион — $3''$, Сириус — $4''$, Альдебаран — $1''{,}5$, Вега — $2''$; вслед за тем Каландрелли в Риме получил для Веги — $4''{,}4$,

Бринклей в Дублине для Веги — $1'',1$, для Альтаира — $2'',75$. Все эти результаты оказались ошибочными и не были признаны современниками. Так, Дж. Понд, основываясь на своих очень точных гринвичских наблюдениях, утверждал, что параллаксы этих звезд значительно меньше $1''$.

Конечно, не мог пройти мимо параллактической проблемы и Бессель. Сначала в 1809 г. он безуспешно попытался выявить вызванные параллаксом абсолютные изменения координат звезд в наблюдениях Брадлея [3]; затем, также по абсолютным изменениям положений, Бессель вместе с попыткой найти индивидуальные параллаксы отдельных звезд вычислил еще и линейные комбинации параллаксов пар звезд, что увеличивало шансы на успех. И хотя им были использованы 10-летние ряды Брэдлеевых наблюдений, их точность оказалась недостаточной для проявления тонкого параллактического эффекта: либо результат получался меньше ошибки наблюдений, либо параллакс вообще оказывался отрицательным. Например, для линейной комбинации с положительными коэффициентами параллаксов звезд α Большого Пса (Сириус) и α Лиры (Вега) получилась величина $0'',044$ с вероятной ошибкой $0'',243$ [14, с. 117], а для параллакса α Малой Медведицы (Полярная) — отрицательная (и потому лишенная смысла) величина $-0'',1477$ [14, с. 121]. Не столь безнадежным выглядел результат для суммарного параллакса α Малого Пса (Процион) и α Орла (Альтаир): $0'',931$ с вероятной ошибкой $0'',208$. Но и этот результат Бессель не спешит считать достоверным. Бесселевы вычисления, таким образом, согласовывались с выводами Понда и свидетельствовали о том, что из наблюдений Брадлея вывести параллаксы не удастся.

В 1815—1816 гг. Бессель сам выполнил серию наблюдений на пассажном инструменте для определения параллакса дифференциальным методом: он измерял разности прямых восхождений звезды β 1 из созвездия Лебедя и ряда слабых звезд сравнения. Подобные измерения были выполнены и для звезды μ Кассиопеи. Но и собственные наблюдения не привели к успеху: выведенные параллаксы оказались отрицательными, а именно: для β 1 Лебедя в двух разных случаях $-0'',76$ и $-1'',32$, для μ Кассиопеи $-0'',12$, т. е. результат не имел смысла. Эти неудачи усилили сомнения

Бесселя относительно возможности успеха в решении параллактической проблемы на основе меридианных, пусть даже дифференциальных, наблюдений, и в течение почти 20 лет (до 1834 г.) после своих первых попыток он практически не возвращался к этой проблеме.

Подобные же исследования предпринял в 1818—1821 гг. В. Я. Струве в Дерпте, наблюдая на пассажном инструменте Доллонда пары звезд с $\delta > 45^\circ$ и с прямыми восхождениями, отличающимися примерно на 12 ч. Наблюдая верхнюю кульминацию одной из звезд почти одновременно с нижней кульминацией другой, можно было исключить некоторые инструментальные ошибки, а также ошибку от хода часов. Наблюдения проводились по возможности регулярно в течение года и давали изменение разности прямых восхождений звезд в паре с годовым периодом. Найденное изменение могло быть вызвано параллаксом. Эта методика (как и у Бесселя) предназначалась для определения не индивидуальных параллаксов, а несколько больших величин — линейных комбинаций параллаксов обеих звезд пары. По величине линейной комбинации можно было судить о верхней границе индивидуальных параллаксов. Из наблюдений 1818—1819 гг. следовало, что у всех 19 изученных звезд индивидуальные параллаксы не могут превышать $1''$, причем у большинства этих звезд параллаксы должны быть меньше $0'',5$ [185, с. 73]. Последующие наблюдения 1820—1821 гг. подтвердили этот результат: по вычислениям Струве, опубликованным в 1822 г. в третьем томе «Дерптских наблюдений», параллаксы 27 звезд от 1-й до 4-й звездной величин не превосходят $0'',5$, а у ряда звезд они близки к нулю [185, с. 75].

Исследования В. Я. Струве, таким образом, впервые вполне достоверно установили верхнюю границу звездных годовых параллаксов. Теперь стало ясно, что для измерения индивидуальных параллаксов потребуются более тонкие инструменты и методы.

Такие инструменты появились в 20-е годы XIX в. — это были телескопы-рефракторы, изготовленные Й. Фраунгофером в Мюнхене. Телескопы Фраунгофера имели экваториальную монтировку и оснащались часовым механизмом для ведения трубы вслед за суточным вращением небесной сферы, что позволяло вести непрерывные длительные наблюдения выбранного участка неба вне меридиана. Важнейшей особенностью

этих инструментов были приспособления для высокоточных микрометрических измерений небольших угловых расстояний в поле зрения трубы. Достоинства новых приборов применительно к проблеме измерения параллакса были очевидны: если для исследования на параллакс подобрать «близкую» звезду и «далекую» звезду сравнения так, чтобы они одновременно находились в поле зрения телескопа, то их взаимное положение измеряется лишь микрометрическими приспособлениями без перевода трубы инструмента, что существенно уменьшает влияние инструментальных ошибок. Кроме того, взаимная угловая близость звезд облегчает учет рефракции, прецессии, нутации и аберрации, величины которых почти одинаковы для обеих звезд, и требуется учесть лишь их малые разности. Это обстоятельство имело особое значение, так как ослабляло ошибки, проистекавшие от неточного знания параметров указанных явлений. Широкие возможности новых инструментов вновь вселили надежду на успех в параллактических измерениях. И два выдающихся мастера — В. Я. Струве и Ф. В. Бессель, — располагавшие теперь первоклассными, хотя и принципиально отличавшимися, телескопами Фраунгофера, в 30-е годы снова обращаются к извечной параллактической задаче.

К тому времени новое слово было сказано и в области методов параллактических исследований. В 1826 г. Дж. Гершель предложил разработанную им модификацию дифференциального метода, отличавшуюся от классического метода Галилея тем, что измерялись не угловые расстояния между звездами в оптической паре, а углы между линией, соединяющей оба компонента пары, и кругом склонения (позиционные углы). В случае тесных двойных систем параллактические колебания позиционного угла могут достигать очень больших значений, тем больших, чем меньше отношение углового расстояния между компонентами к величине параллакса. Так, если расстояние между компонентами пары составляет $5''$, то при относительном параллактическом смещении в $1''$ позиционный угол изменится на $11^{\circ}25'$, при расстоянии $1''$ это изменение будет около 50° [185, с. 70—71].

Дж. Гершель вывел формулы, связывающие изменение позиционного угла с параллаксом, и привел результаты применения своего метода к 69 звездным парам: все найденные им величины параллаксов содер-

жались в интервале от $0'',020$ до $0'',136$ [185, с. 71]. Однако исследования В. Я. Струве на дерптском рефракторе выявили ненадежность, а в ряде случаев ошибочность результатов Гершеля. Именно значительная часть Гершелевых звездных пар оказалась физическими двойными звездами, что из-за равенства параллаксов компонентов исключало применение дифференциальных методов. Струве показал также, что среди оптических двойных очень мало пар, тесных настолько, чтобы метод Гершеля был достаточно эффективен. Кроме того, звезды в этих парах, как правило, заметно отличаются блеском, что очень затрудняет измерение позиционных углов. Проанализировав реальные достоинства и недостатки Гершелеева метода, Струве заключил, что в среднем он равноценен методу измерения угловых расстояний, и на практике использовал оба подхода.

Параллактические исследования В. Я. Струве на дерптском рефракторе

Рефрактор Фраунгофера ($D=24$ см, $f=437$ см), установленный в Дерпте в 1824 г., был в то время крупнейшим в мире телескопом-рефрактором. Инструмент был оснащен нитяным микрометром с системой неподвижных и подвижных паутинных нитей, располагавшейся в фокальной плоскости объектива. Угловые расстояния между двумя объектами измерялись наведением подвижной нити на каждый из них вращением микрометрического винта; величина перемещения считывалась по делениям на барабане винта. Все устройство могло поворачиваться вокруг оптической оси телескопа, т. е. по позиционному углу; угол поворота измерялся по специальной шкале. Таким образом, с помощью нитяного микрометра можно было с большой точностью измерять как угловые расстояния, так и позиционные углы, и потому он был особенно удобен для параллактических измерений дифференциальными методами.

Струве выбрал для измерений яркую звезду Вега — α Лиры (звездная величина 0,1). Свой выбор он мотивировал, в частности, тем, «что яркие звезды вообще ближе к Земле и что самые большие параллаксы должны наблюдаться у звезд первой величины, хотя в отдельных случаях может оказаться, что больший параллакс относится к звезде с меньшим блеском»². Кроме

² Цит. по: [185, с. 78].

того, рядом с Вегой, на расстоянии всего 43" была слабая звездочка 10,5 звездной величины, относительно которой можно было измерять положения Веги. Случайный оптический характер угловой близости этих звезд Струве установил на основе собственных наблюдений, а также наблюдений Гершелей (отца и сына) и Дж. Соута.

Ряд из 17 наблюдений, в каждом из которых измерялись угловые расстояния и позиционные углы, продолжался с 3 ноября 1835 г. по 31 декабря 1836 г. с 7-месячным перерывом с декабря 1835 по июнь 1836 г. По наблюдениям были составлены 34 условных уравнения (по 17 для расстояний и углов), из решения которых для параллакса Веги было выведено значение: $\pi = 0,125 \pm 0,055$, практически не отличающееся от современного ($0,121 \pm 0,004$). О предварительных итогах своих исследований, указав для возможной величины параллакса промежутки от 0,10 до 0,18 с вероятным значением 0,14 [201, с. 160], Струве написал в письме в Петербургскую Академию наук, которое было оглашено на заседании конференции Академии 13 января 1837 г. [201, с. 160]. Несколько позже результат 0,125 был сообщен министру народного просвещения С. С. Уварову [201, с. 160—161], а в феврале 1837 г. опубликован в каталоге Струве «Микрометрические измерения двойных звезд».

Требовательный к себе астроном не переоценивал полученного им результата: слишком короток был промежуток наблюдений, мало их количество, слишком неравномерно распределялись они по времени (5 из 17 наблюдений приходились на конец декабря 1836 г., в то время как с декабря 1835 г. по июнь 1836 г. не было ни одного наблюдения). К тому же метод позиционных углов, выгодный в случае очень тесной пары, был, по мнению Струве, ненадежен для Веги и ее оптического спутника, расстояние между которыми более чем в 400 раз превышало параллактический угол. Результаты измерения позиционных углов искажались также трудноучитываемыми ошибками из-за гнуптия и температурных деформаций инструмента. Поэтому ни сам Струве, ни его современники не считали в 1837 г. измерение параллакса вполне достоверным фактом, а полученную его величину окончательной и не подлежащей проверке и уточнению. Этот результат воспринимался прежде всего как новый, достаточно веский ар-

гумент в пользу того, что истинная величина параллакса значительно меньше одной секунды дуги.

Об этом ясно говорится в письме В. Я. Струве Уварову: «Это весьма важный результат. Он доказывает, что параллакса во всяком случае составляет только малую дробь секунды и что определения Пиацци, Каландрели и Бринклея, приписывающие параллаксу α в Лире ценность нескольких секунд, ложны. С другой стороны, из моих наблюдений оказалась определенная величина параллаксы, которая, сколько бы она ни была мала, но все же гораздо значительнее, нежели неопределенность, по вероятности в ней содержащаяся. Подтверждения этого можно ожидать от последующих наблюдений, до этого времени я еще не могу почесть эту величину совершенно несомненною; но во всяком случае надеюсь года через два до того стеснить границу погрешности параллаксы α в Лире, что с определенностью узнаю, действительно ли она составляет $\frac{1}{9}$ секунды, или в какой-то мере ее можно почесть близкою к нулю. . . Если этот вывод хотя несколько точен, то сделан уже шаг к измерению расстояний в мире неподвижных звезд не по одному только гипотетическому масштабу» [218 с. 595—596]. Почти дословно то же самое пишет Струве о своей работе в каталоге «Микрометрические измерения двойных звезд», указывая при этом на важный практический итог своих исследований, состоящий в том, что «звездные параллаксы, величины которых не менее $0''1$, могут быть обнаружены нашим инструментом с помощью метода, который мы использовали» [153, с. 71]. Оптимизм Струве относительно успеха будущих измерений разделял его наиболее авторитетный коллега Бессель: «Благодаря хорошему началу Струве надеется, что он сможет локализовать параллакс в очень узких пределах, — надежда, которая, я полагаю, хорошо обоснована. Но уже сейчас ясно, что эти наблюдения подкрепляют выводы Понда и отвергают намного больший параллакс Бринклея для этой же звезды» [67, A2, с. 220].

С целью проверить и уточнить найденный параллакс α Лире Струве с февраля 1837 г. по 18 августа 1838 г. выполнил еще одну, более солидную серию из 79 наблюдений. Общая продолжительность обеих серий из 96 наблюдений 1835—1838 гг. составила, таким образом, около 33,7 месяца; число ночей наблюдений равнялось 58. На этот раз для повышения надежности

результата Струве вывел его из обработки лишь измерений угловых расстояний и отказался от учета позиционных углов, так как их изменение не выявляло какой-либо заметной периодичности [153, с. 71].

Решение системы 96 условных уравнений³ по способу наименьших квадратов определило следующую величину параллакса: $\pi = 0,261 \pm 0,025$. Этот результат был опубликован Струве в брошюре «Дополнение к «Микрометрическим измерениям» [228], вышедшей в свет 27 сентября 1839 г., а затем в 17-м томе «Астрономических известий» № 396 за 1840 г. Хотя новая величина параллакса более чем в два раза превышала выведенную в 1837 г. (равно как и полученную по современным данным $0,121$), Струве отдал ей безусловное предпочтение, как имеющей более прочные основания в наблюдениях и в способе их обработки. Значительное расхождение с прежним результатом он объяснял ошибками наблюдений и тем самым справедливо счел величину $0,125$ в какой-то мере случайной. Именно поэтому Струве после 1839 г. никогда не ссылался на свой первый результат, принимая для параллакса Веги новую величину.

Показателен в этом отношении следующий факт. В 40-х годах XIX в. Х. И. Петерс получил на пулковском вертикальном круге для параллакса α Лиры величину $0,103 \pm 0,053$, чрезвычайно близкую к первоначально найденной Струве. Казалось бы, такое совпадение должно было поднять доверие Струве к его первому результату, но в «Этюдах звездной астрономии» (1847) он по этому поводу лишь заметил: «Разница в $0,158$ (с величиной $0,261 \pm 0,025$. — *К. Л.*) не так велика, чтобы ее нельзя было объяснить указанными вероятными ошибками» [219, с. 103—104]. О прежнем своем результате $0,125$ он здесь даже не упоминает. Таким образом, именно величина $0,261$ рассматривалась как самим Струве, так и современниками-астрономами

³ В 38 случаях в одну ночь проводились два наблюдения с промежутком в несколько минут между ними, но при обработке они рассматривались как независимые, и для каждого такого наблюдения составлялось отдельное условное уравнение. Сын В. Я. Струве, астроном О. В. Струве, счел это неправильным и при обработке наблюдений отца оставил лишь 58 независимых уравнений — по числу отдельных ночей наблюдений. В результате обработки измерений угловых расстояний он получил $\pi = 0,278 \pm 0,029$ [180, с. 600].

как его последнее слово в измерении параллакса α Лиры. Но к тому времени, когда она была получена, уже были известны результаты измерения Бесселем параллакса звезды 61 Лебеда.

Новый инструмент Бесселя. Выбор звезды для параллактических измерений

Своим успехом в решении параллактической проблемы Бессель обязан не только собственному мастерству, трудолюбию и интуиции, но и тому телескопугелиометру Фраунгофера, на котором выполнялись наблюдения. Гелиометр — астрономический первоначально двухобъективный измерительный прибор, оригинальная идея которого восходит к датскому астроному О. Ремеру. Первые такие телескопы с двумя расположенными рядом в одной плоскости объективами и одним общим окуляром были построены А. Савери в 1743 г. и П. Бугером в 1749 г. Бугер применял свой инструмент для измерения видимого углового диаметра Солнца, откуда и произошло название прибора. Каждый из объективов давал в фокальной плоскости отдельное изображение Солнца. Перемещая микрометричным винтом объективы в плоскости, перпендикулярной их оптическим осям, можно было привести в соприкосновение внешние края двух изображений солнечного диска и затем считать по специальной шкале расстояние между центрами объективов, по которому вычислялся угловой поперечник Солнца. Подобным способом можно было измерять угловые размеры других протяженных объектов или угловые расстояния между звездами.

Двухобъективный телескоп был весьма громоздок и неудобен в работе, и в 1753 г. Доллонд изготовил гелиометр с одним, разрезанным надвое по диаметру объективом. Обе половинки могли скользить относительно друг друга по линии разреза, чем достигался тот же эффект, что и с двухобъективным инструментом. Труба телескопа могла поворачиваться вокруг оптической оси (по позиционному углу), величина поворота точно измерялась. Дальнейшие усовершенствования в конструкцию гелиометров внесли Й. Фраунгофер и фирма Репсольдов.

Обновив в 1819 г. свои меридианные инструменты, Бессель спустя год заказал в Мюнхенской мастерской Фраунгофера гелиометр самой совершенной конструк-

ции, которую можно было воплотить в стекле и металле. Авторитет этого мастера был в то время настолько высок, что, по словам Г. Клейна, «достаточно было присоединить к трубе имя Фраунгофера для доказательства ее превосходных качеств» [192]. Долгое время Бессель не получал о ходе работ никаких сообщений. Поглощенный всецело зонными наблюдениями на меридианном круге и работами с маятником, он не мог лично ускорить дело в Мюнхене. Летом 1826 г. пришло известие о смерти Фраунгофера, чрезвычайно встревожившее Бесселя. И хотя важнейшие части гелиометра — оптика и ряд механических узлов — были уже изготовлены, Бессель в 1827 г. все же поехал в Мюнхен и договорился о завершении работы, а также об учете в конструкции инструмента ряда его пожеланий. Понадобилось еще около двух лет, прежде чем готовый гелиометр был отправлен в Кенигсберг ⁴.

Для нового инструмента над северным крылом обсерватории была построена специальная башня с деревянным вращающимся куполом. Бессель лично руководил всеми подготовительными работами летом и осенью 1829 г. Наконец 21 октября 1829 г. он смог написать Шумахеру: «Победа! Гелиометр установлен!» [150, с. 196].

Новый инструмент представлял собой телескоп-рефрактор с экваториальной монтировкой, с 6-дюймовым (15,8 см), разрезанным по диаметру надвое объективом с фокусным расстоянием 8 футов (260 см). На конце часовой оси размещался гиревой часовой механизм для ведения трубы по прямому восхождению. К окулярному концу были выведены два винта — для сдвига половинок объектива и для поворота трубы по позиционному углу. Головки винтов имели деления, позволявшие отмечать тысячные доли оборотов, что соответствовало 0",05 измеряемого углового расстояния; максимальная величина доступного измерению в пределах поля зрения угла составляла 1°52'. Параллельно основной трубе крепилась небольшая вспомогательная — искатель, облегчавшая наведение инструмента на нужный объект. Труба и часовой механизм были смонтированы на массивном деревянном штативе, стоявшем непосредственно на полу павильона.

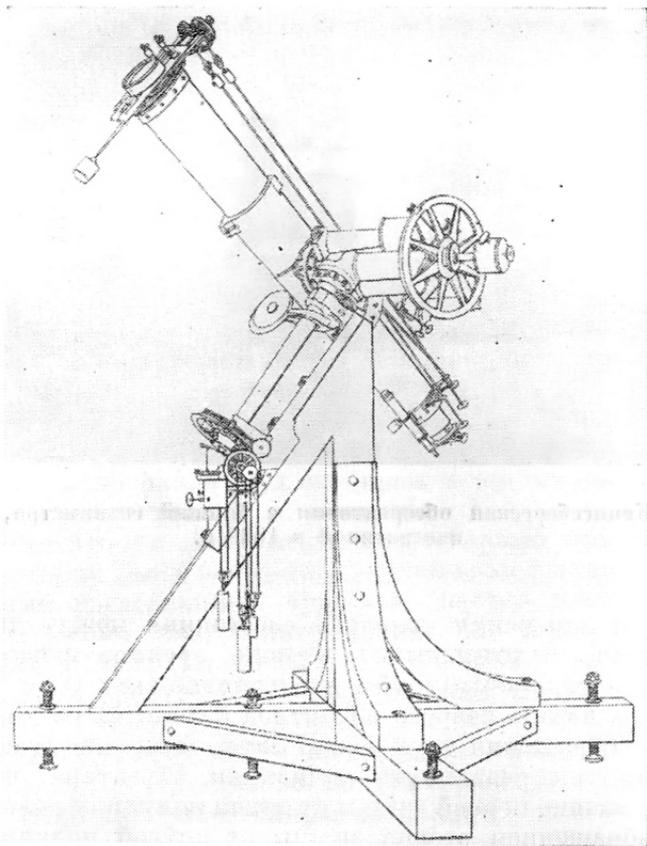
⁴ Подробности изготовления гелиометра отражены в переписке Бесселя и Штейнхеля [98], изданной Энгельманом в 1913 г.



**Кенигсбергская обсерватория с башней гелиометра,
построенной в 1829 г.**

Для измерения углового расстояния между двумя звездами, находящимися в поле зрения, следовало сначала поворотом трубы по позиционному углу совместить линию разреза объектива с линией, соединяющей изображения двух звезд. Затем микрометрическим винтом так раздвинуть половинки объектива, чтобы изображение первой звезды от одной полулинзы слилось с изображением второй звезды от другой полулинзы. Зная величину сдвига полулинз, можно затем определить искомое угловое расстояние.

Гелиометр по точности измерения мог успешно соперничать с нитяным микрометром и даже имел перед ним ряд преимуществ. Так, предельное угловое расстояние, доступное измерению нитяным микрометром, составляло всего лишь $12'—15'$ против $1^\circ—2^\circ$ у гелиометра. Нитяной микрометр нуждался в подсветке нитей, устройство которой при отсутствии электрического освещения само по себе становилось непростой технической проблемой; кроме того, свет мешал наблюдению слабых звезд. Но, с другой стороны, сложная конструкция гелиометра порождала труднодоступные для исследования инструментальные ошибки — прежде всего от температурных деформаций и механического гнуптия. Поэтому наблюдения на гелиометре требовали особого искусства и внимания наблюдателя. Гелиометры были



Гелиометр Фраунгофера Кенигсбергской обсерватории

вытеснены из астрономической практики лишь с распространением фотографических методов.

Сразу же после установки гелиометра Бессель приступил к его скрупулезному исследованию. В 15-м томе «Астрономических наблюдений Кенигсбергской обсерватории» (наблюдения 1829 г.), вышедшем в 1831 г., он поместил чертежи нового инструмента и три статьи [46], посвященные его описанию и исследованию. Две статьи о гелиометре Бессель опубликовал в 17-м томе [56]. Исследование подтвердило высокие качества прибора.

Измерение звездного параллакса представлялось Бесселю одной из важнейших задач, решить которые он

намеревался с помощью гелиометра. Однако приступить к параллактическим измерениям немедленно после завершения исследования гелиометра он не мог: этому препятствовали работы по градусному измерению, исследования длины секундного маятника для Берлинской обсерватории, для которых он был на три месяца командирован в Берлин в 1835 г., наконец, неотложные наблюдения кометы Галлея осенью того же года. В первой половине 30-х годов на гелиометре велась лишь работы, не требовавшие длительных непрерывных рядов наблюдений: измерения положений спутников Юпитера, спутников и колец Сатурна, комет, двойных звезд. В 1833 г. Бессель даже издал небольшой каталог «Наблюдения взаимного положения 38 двойных звезд» [48]. А в 1834 г. двойные звезды на гелиометре наблюдал под руководством Бесселя его знаменитый коллега А. Гумбольдт [170, с. 170]. И все же в сентябре 1834 г. Бессель начал пробные параллактические наблюдения дифференциальным методом: он измерял расстояние звезды 61 Лебеда от двух очень слабых звездочек 11-й величины. Обстоятельства не позволили ему тогда же выполнить полновесный ряд наблюдений, но этот опыт показал, в частности, что в условиях прибалтийской атмосферы наблюдать столь слабые опорные звезды трудно. Впоследствии Бессель выбрал другие опорные звезды, более яркие, хотя и более удаленные от 61 Лебеда [67, А2, с. 220—221].

Систематические измерения параллакса Бессель начал только летом 1837 г. Успех мог быть тем вероятнее, чем ближе окажется исследуемая звезда. Абсолютно достоверных критериев близости звезд тогда не было, и при выборе приходилось руководствоваться косвенными соображениями. Например, В. Я. Струве считал, что в среднем ближе яркие звезды. Бессель же по-прежнему избрал объектом своих исследований слабую звезду 61 Лебеда, имевшую звездную величину 5,12. Эта звезда интересна в нескольких отношениях. Прежде всего она двойная⁵: ее компоненты 5,54 и 6,35 звездной величины (по современным данным) разделены про-

⁵ Многолетние наблюдения 61 Лебеда позволили в последние годы предположить, что эта двойная звезда имеет еще три невидимых спутника с массами, в несколько раз большими массы Юпитера: два спутника обращаются вокруг одной звезды с периодами 6 и 12 лет, третий — вокруг другой звезды с периодом 7 лет [227, с. 185].

межуглом около $20''$. Столь малый угол не различим глазом, которому $\beta 1$ Лебеда представляется одной звездой, но ее двойственность видна уже в небольшой телескоп. По-видимому, $\beta 1$ Лебеда была первой двойной звездой, занесенной в качестве таковой в каталог: ее двойственность установил в 1659 г. Я. Гевелий в Гданьске, он же приближенно измерил угловое расстояние между компонентами. Название $\beta 1$ Лебеда эта звезда впервые получила в каталоге Флемстида «Британская история неба», вышедшем в свет в 1725 г. Это был первый каталог, где звезды нумеровались в созвездиях по возрастанию прямых восхождений, а не эклиптических долгот, как прежде. Обработывая гринвичские наблюдения Бадлея, Бессель обратил внимание на необычно большое собственное движение $\beta 1$ Лебеда — $5'',2$ в год, в то время как у подавляющего большинства звезд годовые собственные движения составляют лишь сотые и тысячные доли дуговой секунды. Это обстоятельство оказалось решающим при выборе Бесселем $\beta 1$ Лебеда для параллактических исследований еще в 1815—1816 гг. «Ни одно из оснований, по которому мы судим о большей или меньшей отдаленности неподвижной звезды, не исключает ошибки, — писал Бессель, — Поэтому лучше всего следовать указанию близости ее, даваемому величиною ее движения, особенно если дело идет о выборе звезды, которую хотят сделать предметом исследования годичного параллакса. Этот признак менее обманчив, чем степень яркости звезды, которая, например, повела бы к совершенно ошибочному выводу, если бы ею руководствовались в суждении о расстояниях от Солнца до планет» [90]⁶. Таким образом, по критерию блеска едва различимая невооруженным глазом $\beta 1$ Лебеда должна была считаться очень далекой звездой; в свою очередь, по признаку собственного движения Вега, у которой эта величина хоть и не очень мала — $0'',35$ в год, едва ли можно было причислить к самым близким звездам.

$\beta 1$ Лебеда оказалась особенно удобной для измерений именно с помощью гелиометра благодаря ее физической двойственности, а также удачному расположению около нее слабых звезд, которые можно было использовать в качестве опорных. Двойственностью $\beta 1$ Лебеда Бессель воспользовался так: он решил изме-

⁶ Цит. по: [187, с. 160].

рять расстояния от опорных звезд не самих составляющих этой двойной звезды, а их средней точки, резонно полагая, что привести раздвижением полулинз объектива изображения звезды сравнения на середину узкого зазора между компонентами двойной можно с большей точностью, нежели совместить изображения двух звезд. При таком подходе из наблюдений фактически определялся параллакс этой средней точки.

Но чтобы все измерение не теряло при этом смысла, должна была быть уверенность, что компоненты двойной звезды имеют одинаковые параллаксы, т. е. двойная является физической, а не оптической. Бессель имел все основания считать 61 Лебеда физической двойной. Еще в 1813 г. в письме к неперемемному секретарю Петербургской Академии наук Н. И. Фуссу он писал: «Среди сильно движущихся звезд на небе, которых я очень много распознал, находятся несколько двойных, движущихся, не разлучаясь между собою. Я привожу из них три пары», — и Бессель в числе трех двойных называет 61 Лебеда, приводя ее положения, определенные шестью астрономами с 1690 по 1813 г. Анализ этого материала позволяет ему заключить: «...обе звезды движутся быстро — поэтому они находятся вместе и должны быть соединенными узлами притяжения, но одновременно иметь движение обращения, чтобы не упасть одна на другую» [117, с. 325]. Бессель оценивал период орбитального оборота в 350 лет (более поздние оценки дают 700—800 лет) — при таком большом периоде взаимным орбитальным перемещением звезд за время наблюдений можно было пренебречь.

В качестве опорных звезд Бессель исключительно удачно выбрал две слабые звездочки примерно 9-й и 10-й величин, обозначив их соответственно *a* и *v*. Звезда *v* находилась на продолжении линии, соединяющей компоненты 61 Лебеда, на расстоянии около 11'46" от средней точки, звезда *a* лежала на линии, проходящей через среднюю точку почти перпендикулярно первой линии, на расстоянии около 7'42" от средней точки. «Было бы достаточно для сравнения взять одну только звезду, — писал Бессель. — Я взял их две, чтобы получить два независимых друг от друга результата, взаимно подтверждающих или, наоборот, подвергающих сомнению правильность наблюдений» [90]⁷.

⁷ Цит. по: [187, с. 162].

Здесь имеется в виду следующее: поскольку ориентация и степень вытянутости (но не размеры) параллактического эллипса известны из теории параллакса, то, во-первых, можно было заранее вычислить на любой момент отношение изменяющихся вследствие параллакса угловых расстояний 61 Лебеда от звезд a и e ; во-вторых, эти звезды были выбраны так, что минимуму расстояния от одной из них почти соответствует максимум от другой, и наоборот.

Названные особенности взаимного расположения звезд сыграли исключительно важную роль при оценке достоверности результата.

Успешное измерение Бесселем параллакса звезды 61 Лебеда. Работы Т. Гендерсона

Первый замкнутый (т. е. охватывающий годовой промежуток) ряд систематических наблюдений на гелиометре с целью измерения годичного параллакса был выполнен Бесселем в период с 16 августа 1837 г. по 2 октября 1838 г. За это время он произвел 85 измерений расстояния средней точки пары 61 Лебеда от опорной звезды a и 98 измерений от звезды b . Независимым самостоятельным измерением Бессель считал усредненный результат серии, содержащей в среднем 16 измерений углового расстояния, выполненных в течение одной ночи. Если воздух был недостаточно прозрачен и устойчив, Бессель увеличивал число наблюдений в серии. Таким образом, более чем годовой ряд фактически содержал свыше 2900 отдельных измерений.

Общее число ночей наблюдений составило 99, из них 83 ночи измерялись угловые расстояния от обеих звезд, 14 ночей — только от звезды b , 2 ночи — только от звезды a . В одном случае — 12 сентября 1838 г. — в течение ночи были выполнены три серии измерений — две со звездой b и одна со звездой a [67, A2, с. 222—223].

По результатам наблюдений Бессель составил 183 условных уравнения: 85 для звезды a и 98 для звезды b . Решив их по способу наименьших квадратов независимо для каждой звезды, он получил следующие значения параллаксов [67, A2, с. 226]:

$$\begin{array}{ll} \pi_a = 0'', 3690 \pm 0'', & 0283 \text{ (средняя ошибка),} \\ \pi_b = 0'', 2605 \pm 0'', & 0278 \text{ (средняя ошибка)}^8 \end{array}$$

Комментируя этот результат, Бессель писал 23 октября 1838 г. Дж. Гершелю: «Наблюдения как будто свидетельствуют, что разность параллаксов 61-й и звезды *b* меньше, чем 61-й и звезды *a*, что должно быть в случае, если *b* действительно имеет параллакс, ощутимо больший, чем *a*. Разница вычисленных значений α'' и β'' (в наших обозначениях π_a и π_b . — *К. Л.*) в самом деле превышает пределы вероятной неопределенности наблюдений, но следует отметить, что вероятность равенства величин α'' и β'' не настолько мала, чтобы нам склониться к заключению, что существование этой разности уже доказано наблюдениями» [244, с. 218]. И Бессель вывел из обоих результатов один средний взвешенный $\pi = 0'', 3136 \pm 0'', 0202$ (средняя ошибка), полученный в предположении, что параллаксы обеих опорных звезд лежат за порогом точности измерений [67, А2, с. 226], и следовательно, параллаксы 61-й относительно этих звезд равны. Эта величина в пределах погрешности совпадает с современной $0'', 299 \pm 0, 003$. При вычислениях Бессель принял вес серии наблюдений со звездой *a* за единицу и нашел для веса серии наблюдений со звездой *b* величину 0,6889.

«Так как средняя ошибка годового параллакса 61 Лебеда ($0'', 3136$) составляет только $\pm 0'', 0202$ и, следовательно, не превышает $1/15$ его вычисленной величины и так как сравнение (по обеим звездам. — *К. Л.*) показывает, что изменение параллактического эффекта, выявленное наблюдениями, соответствует теории с той точностью, которую только можно ожидать, учитывая малость самого эффекта, то нет больше оснований сомневаться в реальности параллакса» [244, с. 219], — писал Бессель в том же письме. Он приводит и соответствующее найденному параллаксу расстояние до 61 Лебеда: 657 700 астрономических единиц, или около 10,3 светового года.

Еще раньше — 10 октября 1838 г. — об измерении параллакса Бессель сообщил в письме Бушу, представленном Берлинской академии наук [153, с. 72], а 2 ноября он доложил о результатах своих исследований

⁸ Четыре знака после запятой приводятся Бесселем. По крайней мере, последняя цифра в данном случае реального значения не имеет.

8.

Messung der Entfernung des 61^{ten} Sterns im Herkules des Schwans
von J. W. Bessel.

Unter zwei Aufgaben, welche eine fortwährende Messung beabsichtigt,
findet sich wiederum in jedem Beobachtungs Jahre, welches gewisse Vortheile auf
die Beobachtung der Messung erhält und hinwiederum nicht unbedeutend ist, aus
Punkte ihrer Messung folgt. Eine solche Aufgabe ist nicht anderes, als die
bestimmte Bestimmung eines zu bestimmten Ziele, ausgehend von einem
Ort, die Entfernung in einem möglichst kleinen Zeitraum (die sind nicht von Einem
gegeben sind nicht von Einem aufgestellt, sondern dieses entspricht dem
aus dem Ganzen der Messung, welches die Messung der Länge bei der
zwei Aufgaben besonders haben und bei der Messung besonders. Diese
ist der Fall bei Aufgabe von der Bestimmung der Entfernung eines Sterns:
sie hatten aber mehrere Aufgaben, was welches ist dem Namen des Sterns
hinwiederum will, für sich unabhängig, unabhängig und die
unabhängigen Punkte, welche die Länge des Sterns des Messung
angezeigt hat. Bei handelt in dieser Messung, indem sie einen sehr
Mittelteil dem Sterns wieder, die Aufgabe von der Entfernung der
zwei Aufgaben zu verstehen.

**Первая страница рукописи Бесселя
«Измерение расстояния 61-й звезды в созвездии Лебеда»,
опубликованной в 1838 г.**

Подлинник хранится в архиве ГАИШ в Москве

в Кенигсбергском физико-экономическом обществе (доклад «Измерение расстояния 61-й звезды в созвездии Лебеда» [66]). Цитированное письмо к Дж. Гершелю было опубликовано в «Monthly Notices» (т. 4, № 17 за 1838 г.) Лондонского Королевского астрономического общества. Наиболее обстоятельно итоги параллактических исследований Бессель изложил в декабрьской книжке «Astronomische Nachrichten» (т. 16) за 1838 г. [67].

И хотя параллактическая природа обнаруженного смещения 61 Лебеда не вызвала у Бесселя никаких сомнений, он решил подкрепить полученный результат дальнейшими наблюдениями. При этом он стремился сделать новый ряд наблюдений предельно независимым от предыдущего. Эта зависимость могла проявиться, в частности, в какой-то неучтенной систематической инструментальной ошибке. И Бессель принимает ра-

дикальное решение: едва начав 8 октября 1838 г. новый ряд параллактических измерений [75, с. 231], он прерывает их, с тем чтобы полностью перебрать и прочистить инструмент. Гелиометр был разобран, почищен, были исправлены некоторые узлы микрометрического устройства. Одновременно Бессель внес ряд усовершенствований в конструкцию вращающегося купола башни. На обновленном инструменте он продолжил 12 ноября параллактические измерения и вел их систематически до 9 июля 1839 г., после чего из-за поездки в Берлин, Альтону и Бремен поручил их продолжение своему помощнику Шлютеру. Второй непрерывный ряд наблюдений был закончен 23 марта 1840 г.

За полтора года было выполнено 103 измерения расстояния средней точки 61 Лебеда от звезды *a* и 116 измерений от звезды *b*. Число ночей наблюдений составило 118, в том числе 97 ночей проводились измерения с обеими опорными звездами, 5 ночей — только со звездой *a*, 16 ночей — только со звездой *b*. Обработав результаты всех 402 наблюдений, выполненных с августа 1837 г. по март 1840 г., Бессель снова получил очевидный параллактический эффект и вывел для параллакса 61 Лебеда величину, близкую к найденной им в 1838 г., а именно: $\pi = 0''{,}3483 \pm 0''{,}0095$ (вероятная ошибка) [75, А2, с. 235]. Эти данные, опубликованные в 17-м томе «Астрономических известий» за 1840 г. (№ 401—402) [75], еще раз подтвердили реальность первого Бесселева результата. Таким образом, совершенно достоверное обнаружение Бесселем в 1838 г. годичного параллакса звезды стало общепризнанным фактом. По словам выдающегося американского астронома С. Ньюкома, «здесь в первый раз было найдено число, заслуживающее полного доверия вследствие самого способа, каким оно было добыто» [202, с. 217].

Итак, успех в решении параллактической проблемы, достигнутый Бесселем и Струве в результате измерений на телескопах-рефракторах дифференциальным микрометрическим методом, подтвердил перспективность этого пути исследований. Но и попытки определить параллакс из меридианных наблюдений оказались бесплодными — это показали работы английского астронома Т. Гендерсона.

Для физической двойной звезды дополнительным вероятностным признаком ее близости к Солнцу (кроме

большого блеска и заметного собственного движения) может служить также большое угловое расстояние между компонентами. Одна из самых ярких звезд неба, видимая в южном полушарии, — двойная звезда α Центавра — имела все основания считаться близкой к Солнцу, так как одновременно удовлетворяла всем трем признакам близости: имела блеск 0,3 звездной величины, годовое собственное движение $3'',6$ и физическое спутника на значительном угловом расстоянии — около $18''$. Директор Капской обсерватории на мысе Доброй Надежды (юг Африки) Т. Гендерсон накопил с апреля 1832 г. по май 1834 г. обширные ряды наблюдений звезд южного полушария, в том числе и звезды α Центавра. Эти наблюдения велись с целью определения средних мест звезд. Гендерсон работал с пассажным инструментом и стенным кругом — уже тогда вышедшим из употребления меридианным прибором для измерения зенитных расстояний. Неудачные попытки некоторых астрономов измерить параллакс с помощью подобных средств склоняли Гендерсона к некоторому скептицизму в оценке возможности выявления параллакса из этих наблюдений, и их программой не предусматривалось решение такой задачи. Но все же по совету Бесселя [153, с. 72], обратившего внимание Гендерсона на столь благоприятное для параллактических измерений сочетание характеристик α Центавра, он в 1834 г., уже будучи директором Эдинбургской обсерватории в Шотландии, предпринял обработку наблюдений этой звезды на предмет выявления ее параллакса. Отсутствие определенного результата при обработке прямых восхождений, в то время как склонения, казалось, обнаруживали параллакс, побудило Гендерсона не спешить с выводами, а дожидаться новых наблюдений прямого восхождения, которые были выполнены в Капе на пассажном инструменте уже после отъезда астронома в Англию. Получив этот материал, Гендерсон наконец 3 января 1839 г. сообщил свои результаты Лондонскому Королевскому астрономическому обществу [237].

Гендерсон выводил величину параллакса для каждого из компонентов двойной звезды α Центавра отдельно из наблюдений прямых восхождений и склонений. В свою очередь, из наблюдений склонений определялись два результата: по прямым наблюдениям и по отраженным. Таким образом, для каждой из двух

составляющих α_1 и α_2 Центавра в итоге было получено по три результата. Следует отметить, что параллактические колебания координат выявлялись по разностям положений α_1 и α_2 Центавра и слабых звезд сравнения, наблюдавшихся в одну ночь с исследуемой звездой. При этом Гендерсон исходил из предположения, что параллаксы опорных звезд пренебрежимо малы [237, с. 62—68]. Результаты получились следующие:

α_1 Центавра	Число наблюдений	α_2 Центавра	Число наблюдений	
$\pi_1=0'',92 \pm 0'',35$	24	$\pi_2=0'',48 \pm 0'',34$	25	из наблюдений прямых восхождений
$\pi_1=1'',42 \pm 0'',19$	17	$\pi_2=1'',05 \pm 0'',18$	14	из прямых наблюдений склонений
$\pi_1=1'',96 \pm 0'',47$	10	$\pi_2=1'',21 \pm 0'',64$	9	из отраженных наблюдений склонений
$\pi_1=1'',38 \pm 0'',16$		$\pi_2=0'',94 \pm 0'',16$		средний взвешенный результат

Ощутимый разброс результатов, которые теоретически должны быть одинаковыми, обусловил сдержанное к ним отношение Гендерсона: «Следовательно, представляется вероятным, что эти звезды имеют чувствительный параллакс, составляющий около одной секунды дуги» [237, с. 68]. Возможность более определенного вывода о величине параллакса Гендерсон связывал с будущими наблюдениями в Капе. По современным данным параллакс α Центавра составляет $0'',751$ — это самый большой из всех звездных параллаксов⁹, т. е. α Центавра — ближайшая к Солнцу звезда; ее расстояние около 4,3 светового года.

Итак, извечная задача астрономии — обнаружение и измерение годичного параллакса звезд — была наконец решена усилиями трех астрономов — Бесселя, Струве и Гендерсона. Их параллактические наблюде-

⁹ Двойная звезда α Центавра имеет на угловом расстоянии более 2° слабый (11-й величины) спутник-звезду Проксиму (Ближайшую) Центавра, обращающуюся вокруг двойной системы α_1 и α_2 с периодом в несколько тысяч лет. В настоящую эпоху расстояние от Солнца до Проксимы на 2400 астрономических единиц меньше, чем до α Центавра, а ее параллакс $0'',762$.

ния разместились в относительно коротком 9-летнем промежутке времени — с 1832 по 1840 г., однако успех предприятия был подготовлен всем предшествующим ходом развития астрономии.

Оценка современников

В первой половине XIX в., когда движение Земли вокруг Солнца, а следовательно, существование параллактического смещения звезд не вызывало сомнений, вопрос о параллаксе стоял так: выявить практически колебания положений звезд с годовым периодом и доказать параллактическое происхождение этих колебаний. Учитывая чрезвычайное научное значение, которое имело бы первое достоверное измерение годичного параллакса звезды, Лондонское Королевское астрономическое общество подвергло самому строгому анализу результаты параллактических исследований Бесселя, Струве и Гендерсона. На фоне многочисленных и несостоятельных сообщений об измерении параллакса в начале XIX в. беспристрастный профессиональный анализ всех звеньев решения этой задачи был своевременным и необходимым актом.

У Бесселевой работы были проверены математические выкладки и вычисления, полнота и способы учета инструментальных ошибок. Для каждой из двух звезд сравнения были построены две кривые: одна плавная, вычерченная в соответствии с теорией параллакса по измеренной его величине, вторая — по результатам наблюдений (приводятся в конце 12-го тома «*Memories of the R. A. S.*», 1842)¹⁰. Работа Бесселя выдержала эту суровую проверку: расположение минимумов и максимумов на кривых, точек пересечения с осями, величины амплитуд свидетельствовали в пределах незначительных остаточных ошибок о полном согласии как между теоретической и экспериментальной кривыми, так и между кривыми, построенными для разных опорных звезд. По словам президента общества Дж. Гершеля, изложившего результаты анализа работ трех астрономов на собрании общества 12 февраля 1841 г., «ни одного случая противоречия среди столь многочисленных и независимых частных не было обнаружено»

¹⁰ Эти кривые воспроизведены также в статье О. Струве [153, с. 70].

[147, с. 93]. Бесселев результат не оставлял никаких сомнений в его достоверности.

Анализ результатов Струве и Гендерсона позволил Гершелю высоко оценить также и эти исследования; но вместе с тем он отметил, что ни один из этих результатов не обладал столь высокой степенью достоверности, которая была свойственна работе Бесселя [147, с. 94]. Разумеется, у Струве анализировался результат 1839 г. По его 93 наблюдениям с 16 августа 1836 г. по 18 августа 1838 г. (три ноябрьских наблюдения 1835 г. были отброшены, как изолированные от основного ряда 7-месячным перерывом) также были построены контрольные кривые, в целом свидетельствовавшие о наличии параллактического эффекта. «Но вместе с тем, — говорил Дж. Гершель, — создается не менее определенное впечатление благодаря неправильностям в ходе кривой (экспериментальной. — *К. Л.*) при сравнении ее с теоретической, что ошибки наблюдений далеки от исключения, что, более того, они поглощают такую часть самого параллакса, что остается место для известных сомнений» [147, с. 95]. Эти сомнения, по словам Гершеля, могли бы быть разрешены более длительными рядами наблюдений и получением совпадающих результатов в других местах. Слабым местом в работе Струве Гершель счел использование лишь одной опорной звезды, что лишало его результат того надежного контроля, который обеспечил двумя опорными звездами своим результатам Бессель. «Эти соображения, — продолжал Гершель, — без какой бы то ни было недооценки большой важности и значимости исследований г-на Струве все же создают известное препятствие для немедленного признания его результатов» [147, с. 95].

Говоря о наблюдениях своего соотечественника Гендерсона, Дж. Гершель отметил, что колебания α Центавра по склонению с большой вероятностью можно считать параллактическими, не исключая все же и того, что их причина могла корениться в систематических ошибках стенного круга, как это случилось с наблюдениями Бринклея в Дублине. Ясность внесут новые наблюдения на мысе Доброй Надежды, и потому окончательный вывод «только время сможет скрепить печатью абсолютной достоверности» [147, с. 97].

Таким образом, факт обнаружения годичного параллакса звезд был признан современниками этого откры-

тия в лице профессионалов-астрономов Лондонского Королевского астрономического общества за каждым из трех исследователей — Бесселем, Струве и Гендерсоном. Однако безусловное предпочтение было отдано работе Бесселя как единственной из трех, не вызывающей никаких сомнений относительно реальности ее результатов. «В первый раз астрономы услышали вполне надежное известие о том, что лот, брошенный умелой рукой в небесное пространство, действительно и неоспоримо коснулся дна» [191, с. 61], — писала историк астрономии А. Кларк. И именно бесспорность Бесселева открытия стала порукой к признанию не столь надежных результатов Струве и Гендерсона.

За измерение годичного параллакса Лондонское астрономическое общество наградило Бесселя золотой медалью, «которая, — по словам американского астронома О. Струве (1897—1963), — считалась тогда, как и ныне, высшим признанием, которого астроном мог надеяться достигнуть» [153, с. 9]. Обращаясь к членам Астрономического общества на собрании, посвященном присуждению Бесселю этой высокой награды, Дж. Гершель сказал: «Я поздравляю вас и себя с тем, что нам посчастливилось увидеть, как огромная и несокрушимая стена, стоявшая на нашем пути в звездную Вселенную, стена, которую мы подрывали так долго и так тщетно, была пробита почти одновременно в трех местах. Это величайший, наиболее славный триумф, который когда-либо переживала практическая астрономия» [147, с. 97].

Оценка работ трех астрономов, данная авторитетным научным обществом, была признана благодаря ее строгой обоснованности как самими авторами открытия, так и их современниками. Она вошла в астрономическую литературу и стала общепринятой как на Западе, так и в России, а затем в СССР [131, 166, 206, 223]. Тому способствовали исчерпывающая ясность ситуации и доступность материалов, касающихся истории первых успешных измерений параллакса.

Вопрос о приоритете обнаружения годичного параллакса, не возникавший в течение более чем столетия после самого открытия, был поднят в 1952 г. пулковским астрономом А. Н. Дейчем. Он изложил в «Астрономическом журнале» [180] новую точку зрения, согласно которой приоритет в измерении параллакса должен быть отдан В. Я. Струве. Эта точка зрения была затем под-

держана другими авторами (Ерпылев [185], Соколовская [201, 217]). Здесь важно отметить, что речь не шла об установлении каких-то неизвестных прежде данных, касающихся истории вопроса: новая точка зрения осноывалась на том же наборе фактов, изложенных выше, на которых сложилось и традиционное мнение. Была лишь предложена иная оценка этих фактов, вследствие которой первенство отдавалось результату, полученному В. Я. Струве в 1837 г. Другими словами, в хронологии почти непрерывных в первых десятилетиях XIX в. сообщений об измерении параллакса предлагалось перенести дату, отделяющую поток несостоятельных или сомнительных результатов от первого достоверного результата, с октября 1838 г. на более раннее время, а именно на начало 1837 г. А. Н. Дейчу возразил большой историко-научной статьей [153] упоминавшийся выше О. Струве-младший, правнук В. Я. Струве.

Таким образом, различие двух точек зрения простекало не из существа вопроса, а касалось лишь выбора критериев приоритета. Какой из результатов следует считать исторически первым: опубликованный раньше и впоследствии оказавшийся близким к современному, но не имевший достаточно доказательной силы ни для его автора, ни для современников, или появившийся позже, но впервые не оставивший никаких сомнений среди профессионалов-современников относительно его достоверности? Особенность первого критерия состоит в том, что он может быть применен только в ретроспективе, так как требует данных, полученных наукой более позднего времени. С этой точки зрения первенство должно быть отдано работе В. Я. Струве 1837 г., и даже более того: первым может быть признан один из результатов, выведенных Струве в 1822 г. из меридианных наблюдений, когда он получил для параллакса α Орла величину $0'',181 \pm 0'',094$ [246], лишь незначительно отличающуюся от современной ($0'',198$).

Результат, удовлетворяющий второму критерию, появился только в 1838 г. — это была работа Бесселя. Она имела разносторонние и прочные основания: и в выборе инструмента и звезды для измерений, и в объеме наблюдений, и в их специфической методике, и в согласии независимых результатов, полученных по двум опорным звездам, и в соответствии материала

наблюдений с теорией параллакса. Бесселев результат был безусловно признан астрономами-современниками и не требовал подтверждения будущими наблюдениями.

Выбор одного из двух критериев сразу решает вопрос и о приоритете (если вообще согласиться на существование такого вопроса в рассматриваемой ситуации). Нам представляется более справедливым и исторически оправданным второй критерий, которым руководствовались современники Бесселя, и не только в Англии. Так, французский астроном Ф. Араго, получивший из меридианных наблюдений еще в 1834 г. параллакс 61 Лебеда, мало отличающийся от выведенного впоследствии Бесселем, писал: «Я удивился, почему Бесселев гипотетический результат принят всеми, тогда как на наш никто из астрономов не обратил внимания. Это недоумение разрешилось мне чтением превосходного сочинения Петерса „О параллаксах“. Пулковский астроном справедливо замечает, что подробности наших наблюдений остались неизвестными. Это весьма справедливо, ибо для того, чтобы судить о вероятности полученного параллакса, необходимо знать частные подробности наблюдений (курсив наш. — К. Л.), из которых они выведены. В настоящем случае это тем справедливее, что, просмотрев вновь наш труд, мы открыли ошибки знака в вычислении лица, которому оно было нами поручено. Исправив это вычисление, мы пришли к результату, равному нулю, и даже в некоторых случаях к параллаксу отрицательному. Я первый признаю, что Бесселев результат один имеет право гражданства в науке, с оговоркою, разумеется, относительно произвольной ничтожности параллакса малых звезд, избранных для сравнения» [163, т. 1, с. 344]. Заметим, что эта оговорка, обусловленная сутью дифференциального метода, оказалась излишней, так как указанное Бесселем значение параллакса 61 Лебеда $0'',348 \pm 0'',010$ было подтверждено Петерсом по абсолютным наблюдениям 1842—1843 гг. на пулковском вертикальном круге. Петерс получил величину $0'',349 \pm 0'',080$ [219, с. 103].

То обстоятельство, что первый результат Струве (1837 г.) не обладал сам по себе достаточной убедительностью в глазах современников, дает основания считать его не удовлетворяющим второму критерию приоритета. Впрочем, иногда в качестве косвенных свидетельств признания достоверности этого результата современниками приводят некоторые высказывания Бес-

селя. Например, выдержки из его писем к Ольберсу или к Дж. Гершелю: «Струве меня опередил, предприняв попытку с α Лиры, правда, пока еще безуспешную, но все же, как кажется, имеющую шанс привести к успеху» [94, с. 419] (из письма Ольберсу от 18 октября 1837 г.). Из этих слов и контекста следует лишь то, что Струве раньше Бесселя выполнил ряд наблюдений тем методом, которым начал наблюдать Бессель, но эти наблюдения не привели еще к убедительному результату. А вот фрагмент из письма Дж. Гершелю, написанного 23 октября 1838 г. после завершения Бесселем первого ряда наблюдений: «Но в 1837 г. эти препятствия (мешавшие непрерывным параллактическим измерениям. — *К. Л.*) были устранены, вследствие чего у меня возродилась надежда, что я смогу прийти к такому же результату, который Струве вывел из своих наблюдений α Лиры, проведя подобные наблюдения 61 Лебеда» [244, с. 217]. В тексте письма этому фрагменту предшествуют сетования Бесселя на то, что, располагая превосходным инструментом — гелиометром Фраунгофера — уже в течение ряда лет, он по разным причинам не мог взяться за решение параллактической проблемы новым многообещающим методом дифференциальных микрометрических измерений. Начатые в 1834 г. наблюдения закончить не удалось, и Бессель приступил к работе лишь в 1837 г., когда Струве тем же микрометрическим методом уже выполнил свои 17 наблюдений α Лиры. Иными словами, акцент здесь делается не на результате, а на методе исследований, о чем свидетельствует и цитированная уже оценка Бесселем первого результата Струве (см. с. 203).

В заключение хотелось бы еще раз подчеркнуть, что честь измерения первых годовичных параллаксов звезд принадлежит трем астрономам — Бесселю, Струве и Гендерсону, а знание обстоятельств этого открытия делает ненужной полемику вокруг его приоритета. Однако в книге о Бесселе нельзя было не коснуться этой темы.

Отто Струве-младший, изложив в журнале «*Sky and Telescope*» (1956) историю первых успешных измерений параллакса [153] и выразив согласие с их оценкой Лондонским Королевским астрономическим обществом, закончил свою статью словами, которыми уместно будет завершить главу о параллаксе и в нашей работе: «Не лишено исторического интереса то, что среди воспоминаний

наний, унаследованных мною в моей семье, самым ярким было высокое уважение к Бесселю со стороны моего прадеда Вильгельма Струве. Ни единой ссоры никогда не было между этими двумя астрономами, и они поддерживали теснейшие дружеские связи до самой смерти Бесселя в 1846 г. Струве никогда не претендовал на большее, чем то, о чем я уже упомянул¹¹, и я полагаю, что некоторые из более поздних претензий, высказанных другими от его имени, преувеличены. Трудно найти дефект в тех основаниях, вследствие которых первое определение вполне достоверного звездного параллакса отдается Бесселю. По моему личному мнению, главный вклад был сделан Струве в учение о двойных звездах, и именно за это он получил золотую медаль Королевского астрономического общества в 1826 г. Он и Гендерсон, однако, разделили с Бесселем честь внесения изменений в шкалу расстояний. . .» [153, с. 72].

¹¹ О. Струве имеет в виду цитату из «Микрометрических измерений», почти совпадающую с приведенной нами на с. 203 цитатой из письма В. Струве к Уварову.

Глава 9

«Астрономия невидимого» и другие исследования

Вопрос об абсолютной точности и универсальности закона тяготения Ньютона поднимался не раз со времени его открытия в тех трудных случаях, когда наука сталкивалась с явлениями, как казалось, противоречившими этому закону. Научная мысль вставала перед выбором: либо признать неточной в некоторых условиях Ньютонову математическую формулировку закона тяготения, либо допустить существование неизвестной причины, которая устраняет в рамках этого закона кажущееся противоречие. Во втором случае закон тяготения становился методологическим инструментом исследования неизвестного явления. Именно такая ситуация сложилась в третьем—пятом десятилетиях XIX в., когда стали очевидными отклонения в движении планеты Уран от траектории, «предписанной» законом тяготения, и именно с помощью закона Ньютона, а не вопреки ему было найдено объяснение этих отклонений. В другом случае на основании закона тяготения было предсказано существование невидимых спутников звезд. Возникло новое направление исследований, получившее образное название «астрономии невидимого», и одним из его основателей был Ф. В. Бессель.

Бессель и предыстория открытия Нептуна

Ни одна серьезная астрономическая проблема первой половины XIX в. не была обойдена вниманием Бесселя. В полной мере это относится и к предыстории открытия восьмой планеты Солнечной системы — Нептуна.

В марте 1781 г. В. Гершель случайно открыл новое небесное тело, приняв его сначала за неизвестную комету. Однако наблюдения ближайших месяцев выявили, что орбита нового объекта почти круговая, что никак

не вязалось с представлениями о сильной вытянутости кометных орбит. Кроме того, мнимая комета оставалась бесхвостой. По этим признакам астрономы заключили, что Гершель открыл не комету, а новую, седьмую планету Солнечной системы, впоследствии названную Ураном. По предварительным приближенным расчетам период оборота Урана вокруг Солнца оказался очень большим — около 80 лет, вследствие чего для точного вычисления элементов его орбиты требовались наблюдения на промежутке времени, исчисляемом, по крайней мере, годами. И новая планета стала объектом пристального внимания астрономов. Были найдены 19 старых наблюдений Урана, относящихся к 1690—1771 гг. и выполненных Флемстидом, Брадлеем, Майером и Лемонье. Эти астрономы принимали слабое светило 6-й величины за обыкновенную звездочку.

Когда за 40 лет систематических наблюдений был накоплен достаточно представительный материал, французский астроном А. Бувар издал в 1821 г. таблицы положений Юпитера, Сатурна и Урана с учетом их взаимных возмущений [232]. Движение Юпитера и Сатурна при этом удовлетворительно согласовывалось с Ньютоновой теорией тяготения. Что же касается Урана, то такого согласия не получалось: орбита вычисленная по новым наблюдениям, не совпадала с рассчитанной по старым. Бувару ничего не оставалось, как составить таблицы Урана лишь по новым наблюдениям и предположить не без сомнения, что старые были не вполне удовлетворительны, «представляя, — по его словам, — будущим временам решить вопрос — зависит ли затруднение в согласовании обеих систем от неточности старинных наблюдений или от какой-либо посторонней и доныне не замеченной причины, имеющей влияние на движение планеты?»¹

Наблюдения последующих лет свидетельствовали в пользу существования «посторонней причины»: истинное движение Урана все более отклонялось с течением времени от Буваровых таблиц. Так, в 1830 г. расхождение достигло 20'', в 1840 г. — около 1', 5, в 1844 г. — 2'. «Вероятная причина этих все возрастающих разностей была предметом многих толков среди астрономов, — писал С. Ньюком, — и некоторые из

¹ Цит. по: [163, т. 4, с. 402]. Подробнее об этом см.: Гребенников Е. А., Рябов Ю. А. Поиски и открытия планет. М., 1975.

них, надо думать, угадали истинную причину, хотя и не высказывали ее. По крайней мере, как кажется, вполне определенных взглядов, за одним исключением, выражено не было. Этим исключением был Бессель. Уже в 1823 г. указывал великий кенигсбергский астроном в письме к Ольберсу на необъяснимые отклонения в движении Урана и выражал надежду заняться исследованиями по этому предмету, которые, по его мнению, „должны дать превосходнейший вклад в науку“ [202, с. 375—376].

Однако в те годы у Бесселя не было однозначного мнения о причинах наблюдаемого явления, и он рассматривал две возможные гипотезы. В соответствии с первой движение Урана возмущалось притяжением неизвестной планеты; по второй гипотезе объяснение следовало искать в неточности формулировки закона тяготения. И, пожалуй, вторая гипотеза казалась ему предпочтительнее. Поэтому Бессель считал возможным «подвергнуть проверке ныне общепринятое допущение, согласно которому возмущающая планета действует *одной и той же* массой на возмущаемую планету и на Солнце. Указанное допущение является следствием того предположения, что тела притягиваются пропорционально их массам. Это предположение, как известно, установил Ньютон. . . Но можно показать, что данные, которые Ньютон положил в основу своего допущения, ни в коем случае не исключают других возможностей, и потому дальнейшие опыты должны решить, действительно ли закон, согласно которому притяжение тел пропорционально их массам, является всеобщим законом природы» [26, с. 1—2],² — писал Бессель в 1824 г. Таким образом, он ставит здесь под сомнение тождественность инертной и гравитирующей масс — вопрос, к которому физики не раз возвращались и в XX в. (см. гл. 10). Применительно к проблеме Урана это означало, что масса Сатурна, фигурирующая в формуле для силы притяжения им Солнца, и масса Сатурна в формуле для силы притяжения Урана различаются между собой. Чтобы объяснить это явление, достаточно, по мне ию Бесселя [101, с. 830], допустить, что каждое тело состоит из частиц a , b , c . . . обладающих таким свойством, что если, например, a^0 , b^0 , c^0 . . . — частицы Солнца, а a^1 , b^1 , c^1 . . . — частицы планеты, то a^0 при-

² Цит. по: [179, с. 375].

тягивает только a^1 , b^0 — только b^1 и т. п., в то время как a не влияет на b , c . . . Позже, в 1828 г., опыты самого Бесселя с маятником убедили его в несостоятельности этого искусственного предположения (см. гл. 10).

Двойственность во взглядах Бесселя на проблему Урана была вновь выражена им в письме от 7 июля 1824 г. в Петербург академику Ф. И. Шуберту: «Если астрономам удастся соединить с ньютоновской системой *все* небесные явления, то, само собой разумеется, нет никаких оснований для сомнений; однако я не думаю, что удастся привести в согласие с нею движение Урана (если только не пожелают принять еще одну неизвестную и более далекую планету)» [101, с. 798]. К мысли о возмущающем действии на Уран неизвестной планеты склонялись и другие астрономы: П. А. Ганзен, И. Медлер, А. Бувар, Ф. Араго.

Задумавшись над проблемой Урана, Бессель не упускал ее из вида, но из-за зонных наблюдений, опытов с маятником, геодезических работ долго не мог заняться ею непосредственно. Лишь в 1838 г., закончив градусное измерение, он составил подробный план поисков новой планеты и поручил выполнение его своему ученику и помощнику Ф. В. Флемингу. Суть плана Бесселя состояла в том, чтобы, собрав воедино и обработав все наблюдения Урана, получить точные сведения о его фактическом движении, а затем сравнить это движение с предвычисленным с учетом возмущений Юпитера и Сатурна. По остаточным разностям, считал Бессель, можно будет судить о величине возмущений, вносимых неизвестным телом, и по ней попытаться найти это тело.

Флеминг собрал наблюдения Урана со времени его открытия — их оказалось 361 — и начал их обработку. Собранные наблюдения распределялись по обсерваториям и годам следующим образом [159, с. 4]:

Гринвич, 1781—1807 гг. — 54 наблюдения,
Гринвич, 1812—1837 гг. — 94 наблюдения,
Париж, 1810—1819 гг. — 70 наблюдений,
Кенигсберг, 1814—1836 гг. — 143 наблюдения.

В лекции «О связи астрономических наблюдений и астрономии», прочитанной 28 февраля 1840 г. в Кенигсбергском физико-экономическом обществе, Бессель впервые публично изложил свои планы поисков неизвестной планеты. В этой лекции он говорил о том,

что предпринимаемые им научные усилия «должны иметь целью определить орбиту и массу неизвестной планеты за Ураном, которая, по-видимому, не видна из-за слабого блеска, но вызывает возмущения в движении Урана, которые объяснят отсутствующую ныне согласованность наблюдений. . . Та же причина должна влиять, хоть и значительно меньше, и на движение соседней с Ураном планеты Сатурн, что станет предметом особого исследования и подтвердит. . . существование новой планеты» [90, с. 447].

К 1840 г. Флеминг в основном закончил вычисления, ко весной этого года он переехал в свой родной Данциг (ныне Гданьск, ПНР), где по рекомендации Бесселя был избран астрономом местного научного общества. В письме А. Гумбольдту от 8 мая 1840 г. Бессель писал: «Я очень доверяю Флемингу; в Данциге, куда он приглашен, он выполнит редукцию наблюдений Сатурна и Юпитера, подобно тому как сделал это для Урана. И хорошо, по моему мнению, что у него нет сейчас возможностей для наблюдений и он может не читать лекции. Обязательно придет время, когда он должен будет возобновить свои наблюдения с ясной целью, и тогда у него не будет недостатка в средствах, как теперь нет недостатка в мастерстве» [159, с. 5].

«Ясная цель» — направленный поиск новой планеты. И быть может, честь открытия восьмой планеты выпала бы Бесселю и Флемингу, если бы судьбе не угодно было круто изменить ход событий: Флеминг заболел тифом и 28 декабря 1840 г. в возрасте 28 лет умер. Лишившись способного помощника, Бессель все же не оставил намерения довести начатое дело до конца. Однако смерть сына в октябре 1840 г., хлопоты по установке и исследованию меридианного круга Репсольда, а затем тяжелая болезнь вынуждали его откладывать выполнение своих планов. Но Бессель не отказался от них: об этом свидетельствует, например, его беседа с Дж. Гершелем 12 июля 1842 г. во время поездки в Англию [159, с. 6]. Но стареющий астроном не рассчитал своих сил. Болезнь надломила его, и замыслам найти новую планету не суждено было осуществиться. Это сделали другие: 23 сентября 1846 г. астроном И. Г. Галле увидел восьмую планету Солнечной системы в 23-сантиметровый рефрактор Берлинской обсерватории. Полгода не дожидаясь Бесселя до события, наступление которого он так стремился ускорить.

История открытия Нептуна описана многими авторами. Галле направил телескоп в ту область неба, где, по расчетам француза У. Ж. Ж. Леверье должна была находиться планета, возмущающая движение Урана. Леверье, руководимый Араго, прошел тем путем, по которому смерть помешала пройти Флемингу, выполнявшему план Бесселя.

И все же Бессель оказался косвенно причастным к этому замечательному открытию. Новая планета была найдена именно Берлинской обсерваторией, так как только здесь успели получить в сентябре 1846 г. только что вышедший из печати лист 21-го часа Берлинских академических звездных карт — тот лист, на котором был изображен участок неба, указанный Леверье. И Галле при первом же наблюдении обнаружил светило 10-й величины, не нанесенное на карту, — это и была разыскиваемая планета. Без карты понадобились бы значительные усилия и время для выявления «постороннего» объекта по его весьма медленному перемещению среди звезд. В таком положении оказались, например, английские астрономы, располагавшие аналогичными и даже более точными, чем у Леверье, вычислениями своего соотечественника Дж. К. Адамса, но не нашедшие новой планеты. А идея издания звездных карт и начало ее реализации восходят к Бесселю, дальновидно предсказавшему этому предприятию большое будущее (см. гл. 7). «Новейшие астрономы основали на начертании таких карт плодотворную методу изысканий, и Бесселю принадлежит слава этой огромной услуги, оказанной науке» [163, т. 4, с. 410], — писал коллега Бесселя, французский астроном Ф. Араго.

Бесселевы изыскания в области «астрономии невидимого» не ограничивались пределами Солнечной системы — они дали блестящие результаты в мире звездных объектов.

Невидимые спутники звезд

В течение более чем столетия со времени открытия Э. Галлеем в 1718 г. собственных движений звезд астрономы считали эти движения прямолинейными и равномерными. Этот взгляд подкреплялся как теоретическими соображениями (межзвездные расстояния слишком велики, чтобы взаимное тяготение звезд могло

заметно искривить их ничтожно малые перемещения), так и результатами наблюдений. Однако это сложившееся представление было неожиданно поколеблено исследованиями Бесселя, объявившего в 1844 г., что, по крайней мере, у двух звезд — Сириуса (α Большого Пса) и Проциона (α Малого Пса) — движение совершается не по прямой, а по «волнистой» линии, хотя и с весьма слабо выраженными колебаниями — не более 2''—3''. Поразительными были как само открытие, так и объяснение, данное ему Бesselем: эти звезды имеют невидимые массивные спутники, возмущающие их движения. Большинство астрономов-современников усомнились даже в реальности феномена, не говоря уже о его объяснении. Но выводы Бесселя не были скороспелыми — им предшествовала многолетняя наблюдательная и вычислительная работа.

В статье «Последние наблюдения Бесселя» [139], написанной после смерти астронома, его помощник А. Буш вспоминал, что в 1836 г. Бesselь поручил ему наблюдение склонений фундаментальных звезд на меридианном круге Рейхенбаха. Уже предварительная обработка этих наблюдений выявила необъяснимый «уход» склонений Проциона от положений, определенных раньше. За несколько лет до этого подобные отклонения были обнаружены в прямых восхождениях Сириуса. По воспоминаниям Буша, Бesselь очень заинтересовался этим явлением и его причинами и прежде всего пожелал удостовериться в том, что измеренные отклонения — реальный факт, а не следствие ошибок наблюдений.

Разрешить естественные сомнения Бesselь надеялся с помощью нового меридианного круга, который он заказал братьям Репсольд летом 1838 г. Этот инструмент обещал быть более точным, чем круг Рейхенбаха, тем более что в его конструкцию были заложены некоторые идеи Бесселя, выношенные им в результате многолетней наблюдательной практики. Осенью 1841 г. инструмент был готов, и в начале ноября на его установку, к большой радости Бесселя, приехал лично Адольф Репсольд. При участии этого мастера, а также механика Штейнфурта меридианный круг был уже через две недели установлен. Когда после завершения работы ее участники собрались в меридианном зале, Бesselь произнес подобающее случаю похвальное слово этому чуду астрономической техники. Совершенно неожиданно

он закончил свое выступление озорной шуткой: «Но дайте мне ось и колесо от телеги, и я столь же успешно смогу вести наблюдения!» [150, с. 210]. Веселая шутка имела серьезный смысл: качество наблюдений зависит не только от достоинств прибора, но и от мастерства наблюдателя, досконально знающего и умело учитывающего индивидуальные особенности своего инструмента.

Меридианный круг Репсольда, построенный по образцу пулковского, имел телескоп с отверстием 4 дюйма [149, с. 10] и фокусным расстоянием 5 футов. Круг диаметром 3 фута был разделен через 2'; для отсчетов по кругу служили 4 микроскоп-микрометра. По желанию Бесселя инструмент был снабжен окулярным микрометром с устройством для определения точки надира на круге по наблюдению сетки нитей в ртутном горизонте, а также приспособлением, с помощью которого можно было наводить телескоп на светило, не прикасаясь к трубе или кругам. Всю зиму Бессель занимался исследованием и доводкой инструмента, а весной 1842 г. параллельно начал наблюдения. Потом была летняя поездка в Англию и Францию и снова интенсивные наблюдения, которые прервала лишь прогрессирующая болезнь.

К 1844 г. Бессель окончательно убедился в «неправильности» собственных движений Сириуса и Прочиона и утвердился в мысли о существовании у этих звезд невидимых спутников. Фундаментом этого вывода служил постулат об универсальности закона тяготения, на основе которого Бессель дал строгое математическое обоснование своему заключению и даже приближенно вычислил период оборота невидимого спутника вокруг Сириуса — около 50 лет. Результаты своих наблюдений и вычислений Бессель изложил в статье «Об изменчивости собственного движения некоторых звезд» [85], напечатанной в августовском выпуске «Астрономических известий» за 1844 г. Тогда же, 10 августа, он писал А. Гумбольдту: «Я держусь того мнения, что Прочион и Сириус составляют каждый настоящую систему двойных звезд, куда входят по одной видимой и одной невидимой звезде. Нет никакого основания предполагать, что способность испускать собственный свет представляет собой коренное, непререкаемое свойство мировых тел. Тот факт, что мы видим бесчисленное множество ярко блистающих звезд, не может еще сам по себе слу-

жить доводом для того, чтобы отрицать возможность существования бесчисленного множества темных, невидимых звезд»³. Этой же мыслью заканчивается и письмо к Гауссу от 21 августа 1844 г. — последнее из писем, посланных Бесселем своему коллеге и другу: «Мое мнение таково, что около этих звезд имеются темные тела» [118, с. 192].

Историк астрономии А. Паннекук следующими словами комментирует Бесселево открытие: «На фоне спокойного накопления знаний в XIX в. открытие «темных звезд» явилось поразительным эпизодом. . . Такое положение опрокидывало все обычные понятия о больших самосветящихся и малых темных телах. Это позволяло надеяться на существование весьма больших темных небесных тел» [205, с. 480—481].

Совершенно естественно, что открытие Бесселя встретило серьезную оппозицию. Во-первых, подвергался сомнению сам факт существования неправильностей в движениях Сириуса и Прокциона: расхождения новых и старых наблюдений, имевшие порядок секунды дуги, могли быть следствием систематических ошибок инструмента. Во-вторых, слишком необычным, экзотическим представлялось данное Бесселем объяснение этому явлению. Одним из самых авторитетных астрономов из числа скептиков был В. Я. Струве. В «Этюдах звездной астрономии», вышедших в свет через год после смерти Бесселя, Струве писал: «. . . Я сознаюсь, что мне кажется возможным подвергнуть сомнению факт неравномерного движения, удостоверенного наблюдением, и приписать видимые отклонения несовершенству наблюдения» [219, с. 53]. Струве полагал, что результат сравнения положений звезд в «Кенигсбергских таблицах» с положениями 1844 г. неизбежно будет отягощен ошибками из-за неточного знания собственных движений звезд. Кроме того, он подверг сомнению надежность дифференциального метода, которым пользовался Бессель, а также правильность учета гнутия инструмента. Возражения Струве не были умозрительными. Со свойственной ему основательностью он попытался подкрепить их собственными исследованиями: «Я подверг цифры, данные Бесселем, новому вычислению, которое привело меня к следующему заключению. Наблюдения Прокциона не говорят ничего достоверного

³ Цит. по: [191, с. 70].

или даже вероятного о неправильности собственного движения этой звезды по склонению. Наблюдения Сириуса, напротив, кажется, указывают на аномалию в прямом восхождении, которая заслуживает полного внимания без того, однако, чтобы решить вопрос» [219, с. 139]. И далее: «Если неправильность движения Сириуса реальна, это открытие будет, бесспорно, одним из самых важных, которые когда-либо сделаны в звездной астрономии, и одним из наиболее прекрасных, которыми наука обязана великому кенигсбергскому астроному» [219, с. 165].

Струве, оставаясь скептиком, тем не менее счел нужным продолжить проверку выводов Бесселя. Слишком высок был авторитет кенигсбергского астронома, слишком глубоко Струве — один из основателей звездной астрономии — понимал значимость для этой науки Бесселева открытия в случае, если оно подтвердится. Поэтому он разработал собственную программу наблюдений Сириуса и их обработки и поручил в 1847 г. ее выполнение пулковскому астроному Егору Николаевичу (Георгу Альберту) Фуссу. Получив результаты Фусса, Струве заключил, что «наблюденные соотношения не представляют ни малейшего следа неправильности в собственном движении Сириуса» [219, с. 167]. Обнаруженные Бесселем отклонения, по мнению Струве, могли быть следствием несовершенства цапф инструмента, неточности принятых значений абберрации и нутации, а также личного уравнения наблюдателя. Основания Струве казались достаточно вескими, но слишком тонок был обнаруженный Бесселем эффект — его величина сравнима с возможными ошибками, на которые указывал Василий Яковлевич, — и правильный ответ могло дать лишь время. Он и был получен: истина оказалась на стороне Бесселя, но дожить до ее торжества ученому не пришлось.

Сначала Бесселева гипотеза получила частичное подтверждение в 1850 г. в вычислениях Х. А. Ф. Петерса, который нашел по наблюдениям Бесселя параметры движения Сириуса около центра масс двойной системы: большая полуось орбиты составила 2,4, а период обращения — 50 лет [205, с. 482], как у Бесселя. Окончательно вопрос со спутником Сириуса был решен спустя 12 лет, когда 31 января 1862 г. Алван Кларк, испытывая в Кембридже (США) новый 18-дюймовый объектив, навел рефрактор на Сириус и увидел рядом

с ним на расстоянии около $10''$ слабое светило 8—9-й величины. Спутник Сириуса, получивший название Сириус В, находился именно там, где требовалось теорией. Это не было темное тело, как предполагал Бессель, но излучение Сириуса В оказалось в 10 000 раз слабее излучения Сириуса А, — так стал называться с тех пор яркий Сириус. А. Ауверс вычислил орбиту Сириуса В и получил элементы, близкие к найденным теоретически.

Сложнее обстояло дело со спутником Проциона, хотя и для него Ауверс предвычислил орбиту, получив период обращения около 40 лет. Но лишь спустя 50 лет после смерти Бесселя удалось увидеть небесное тело, существование которого он теоретически предсказал. 14 ноября 1896 г. астроном Дж. Шеберле, наблюдая Процион в большой 36-дюймовый рефлектор Ликской обсерватории, заметил на расстоянии всего лишь $4'',6$ от Проциона слабую звездочку 13-й величины — это и был спутник Проциона. Положение открытого спутника согласовывалось с вычислениями Ауверса. Бесселева мысль о существовании невидимых спутников звезд получила полное и исчерпывающее подтверждение.

Теперь астрономия должна была реально считаться с существованием массивных, но невидимых или, по крайней мере, слабосветящихся объектов. Бесселево открытие, кроме того, еще раз подтвердило универсальность закона тяготения, ибо именно на основе этого закона были построены расчеты астронома. К этому следует добавить, что спутники Сириуса и Проциона оказались совершенно необычными звездами. Дж. Джинс назвал звезду Сириус В «одной из интереснейших звезд на небе» [181, с. 325]. Такую характеристику Сириус В заслужил тем, что имея радиус в 50 раз меньший радиуса Сириуса А (а объем соответственно в 125 000 раз), он обладает массой, едва ли в 3 раза меньшей массы Сириуса А, т. е. вещество спутника имеет чудовищную плотность. С таким явлением астрономия столкнулась впервые. Астрофизика XX в. установила, что Сириус В — белый карлик, сверхплотная звезда, у которой израсходовано водородное «горючее» термоядерной реакции. В центре такой звезды плотность вещества достигает сотен тонн в кубическом сантиметре. Сириус В оказался первым из известных астрономам белых карликов. К этому же типу звезд принадлежит

и спутник Прозиона. Такими неожиданными открытиями обогатилась наука на пути, начало которому было положено Бесселевыми исследованиями в области «астрономии невидимого».

Исследования комет

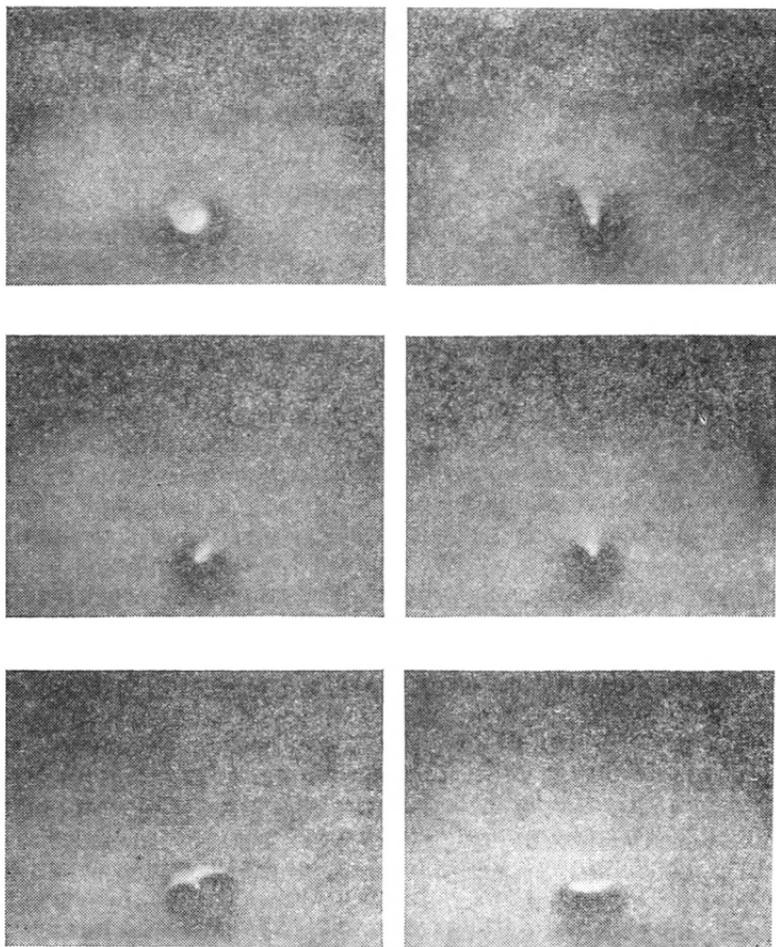
Изданный Энгельманом список научных трудов Бесселя [A1, 2, 3] содержит 97 названий работ, посвященных кометам, — около $\frac{1}{5}$ всего научного наследия астронома. Исследованиями комет Бессель занимался всю свою творческую жизнь: в бременский период (1804—1806) им написано 5 статей об этих небесных телах, в лилиентальский (1806—1810) — 25 работ, в кенигсбергский (1810—1846) — 67. Движение комет было главным предметом научных занятий Бесселя в Бремене и Лилиентале: сказывалось влияние Ольберса — первого «кометчика» Германии, а также и то обстоятельство, что инструментарий Лилиентальской обсерватории был слабо приспособлен для выполнения других, более строгих и точных, позиционных работ. Примечательно, что большинство — 21 из 30 — «кометных» работ этого периода вообще не связаны с наблюдениями самого Бесселя, а являются лишь результатом его вычислений по наблюдениям других обсерваторий. Это еще одно свидетельство того, что в Лилиентале Бессель как наблюдатель не был еще «на своем месте».

До середины 30-х годов XIX в. исследования комет Бесселем ограничивались исключительно вопросами их движения. В итоге этих работ были найдены элементы кометных орбит и создан математический аппарат для решения подобного рода задач. При этом Бесселю не было необходимости разрабатывать теорию возмущенного движения или изобретать принципиально новые методы математической обработки наблюдений — этот аппарат был уже создан Лапласом, Лежандром, Гауссом и другими математиками. Бессель же обладал исключительным талантом приводить сложные математические теории к предельно простой форме, наилучшим способом приспособленной к решению данной конкретной задачи: он умел получить простую форму дифференциальных уравнений, удачно записать возмущения, правильно выбрать переменные, найти удобные разложения функций в ряды. Иными словами, Бессель владел искусством четкой и ясной алгоритми-

зации непростых задач расчета возмущенных кометных орбит. Особенно ярко это его мастерство проявилось при вычислении сильно вытянутой возмущенной орбиты кометы 1807 г. Работа о комете 1807 г. была отмечена премией Лаланда, присужденной Бесселю в 1810 г. Парижской Академией наук.

Особое место не только среди кометных исследований, но и во всей научной биографии астронома занимают его работы о комете Галлея. И не только потому, что этой комете посвящена его первая научная работа в «Ежемесячных корреспонденциях» 1804 г., открывшая 20-летнему конторщику путь в серьезную науку: с кометой Галлея связано особое, в целом несвойственное научной индивидуальности ученого астрофизическое направление его исследований. Подготовка к встрече этой знаменитой кометы началась задолго до ее ожидаемого возвращения к Солнцу в 1835 г. Ее появления, повторяющегося через 75—76 лет, ожидали не только специалисты-астрономы, но и широкая публика. Учитывая общественный интерес к «хвостатой звезде», Бессель выступил в 1834 г. в Кенигсберге с лекцией «О комете Галлея» [52].

Астрономы заранее предвычисляли элементы движения кометы, и в частности момент ее прохождения через перигелий. Один из наиболее удачных расчетов, в котором были учтены возмущения от всех семи известных в то время больших планет, был выполнен О. А. Розенбергером, бывшим учеником Бесселя. По Розенбергеру, комета должна была пройти перигелий 13 ноября 1835 г. [238, с. 369]. Он ошибся всего лишь на три дня — прохождение случилось 16 ноября. Успех Розенбергера был отмечен золотой медалью Лондонского Королевского астрономического общества. В это прохождение комета впервые была замечена 5 августа 1835 г. в Римской обсерватории [168, с. 74], а в 20-х числах ее уже наблюдали во многих обсерваториях, в том числе и в Кенигсбергской. Наилучшие условия видимости наступили в октябре, когда блеск кометы достиг первой звездной величины, а хвост в середине месяца простирался по небосводу более чем на 20° . В течение этого месяца наблюдались любопытные явления: образование хвоста, истечение ярких, веерообразных струй из ядра, изменения яркости ядра, колебания направления хвоста. Эти явления требовали объяснения.



Комета Галлея в октябре 1835 г.
Рисунки Бесселя

Бессель стал одним из первых астрономов, предложивших аргументированную трактовку наблюдаемым на комете физическим процессам. Основу его выводов составило представление о ледяной природе кометного ядра. В статье «Наблюдения физических свойств кометы Галлея и вызванные ими замечания» [58], опубликованной в 1836 г., он писал: «. . . я считаю вероятным, что ядро кометы не является настоящим твердым телом, т. е. не является твердым телом такого рода, как Земля»¹

Луна или планеты. В действительности оно должно легко переходить в состояние возгонки, тогда как названные выше тела не обладают этим свойством или, по меньшей мере, обладают им лишь в малой степени: поскольку его (ядра) поверхность не показывает четкой границы, представляется, что оно находится в этом состоянии; почти необъятно большое пространство, которое заполняют собой хвосты у многих комет, в сочетании с вероятно крайней малостью их масс, тоже указывает, что вещество комет обладает свойством неограниченно расширяться. Обладать первоначально только этим свойством кометная масса не может; по меньшей мере, она не может быть веществом, не имеющим плотности, когда оно не испытывает давления, ибо такое вещество, очевидно, полностью рассеялось бы. Но я не вижу никаких трудностей в предположении, что кометы состоят из частей, которым не хватает лишь немного тепла (или другого отталкивающего свойства), обладание которым необходимо им, чтобы стать летучими. То, что улетучивание прежде всего появляется на частях поверхности, прямо обращенной к Солнцу, и то, что по мере приближения к Солнцу. . . улетучивание усиливается. . . соответствует ожидаемому согласно этому предположению, находящемуся, таким образом, в согласии с наблюдениями. То, что улетучивание вследствие связанной с ним потерей тепла может быть средством, защищающим некоторую часть кометной массы от рассеяния, отмечалось, если я не ошибаюсь, еще Лапласом» [58, с. 208].⁴

Таким образом, Бессель подробно изложил свой взгляд на природу кометного ядра, который согласуется с почти общепринятой ныне ледяной моделью кометных ядер. Его исследования в этой области являются пионерскими, хотя подобные мысли были раньше кратко высказаны Лапласом, о чем с некоторым сомнением упоминает Бессель в цитированном отрывке. Причину неуверенности Бесселя относительно взглядов Лапласа выяснил советский астроном Б. Ю. Левин в статье [130], опубликованной в 1983 г.: часть текста о природе комет была помещена Лапласом лишь в двух из шести изданий его «Изложения системы мира». Бессель, не обнаружив этой части в более поздних изданиях, усомнился в том, что прежде он читал об этом именно у Лап-

⁴ Цит. по: [130, с. 155—156].

ласа. К сожалению, и взгляды Бесселя на природу кометных ядер были надолго преданы забвению.

Анализируя причины колебаний хвоста, размах которых, по его наблюдениям, составлял около 60° , а период примерно 4,5 суток, Бессель пришел к выводу, что это явление можно объяснить, лишь предположив существование некоторой негравитационной силы. Подобные мысли о влиянии сил негравитационного происхождения на процессы в кометах высказывал еще раньше Ольберс. Бессель полагал, что сила эта исходит от Солнца, имеет электрическую (полярную) природу и действует против силы тяготения: «Эта неизвестная ранее сила — отталкивательная сила Солнца. Действие ее состоит в том, что вещество кометы, улетающая, поляризуется и отталкивается Солнцем с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния, причем как сила притяжения, так и сила отталкивания складываются обычным способом. Когда комета достаточно близка к Солнцу, то поляризуется и ядро и начинает выбрасывать потоки световой энергии по направлению к Солнцу. Часть поверхности, которую покидают частицы, имеет такую поляризацию, что вещество стремится притянуться к Солнцу, но при движении через пространство, наполненное противоположно поляризованной материей, нейтрализуется и начинает двигаться в обратном направлении, образуя хвост» [58]⁵.

Предположив существование отталкивательной силы, Бессель выполнил математический анализ исследуемого явления и получил результаты, достаточно хорошо согласующиеся с наблюдениями. Оставалась пока неясной природа этой силы.

Насколько дальновиден был Бессель в своих представлениях о негравитационных силах, формирующих хвост кометы, и о природе кометных ядер, выявило последующее развитие науки. На рубеже XIX и XX вв. русский физик П. Н. Лебедев экспериментально доказал существование давления солнечного света — одной из составляющих Бесселевой отталкивательной силы; вторая составляющая была открыта в 50-х годах XX в. — это оказалось давление солнечного ветра на ионизированное вещество кометного хвоста. А к ледяной модели кометного ядра, как наиболее вероятной,

⁵ Цит. по: [168, с. 84—85].

наука после более чем 100-летних блужданий возвратилась в середине нашего века. Именно в рамках ледяной модели получили исчерпывающее объяснение негравитационные возмущения в движении кометы, порожденные реактивным эффектом испаряющихся газов.

Основы Бесселева учения о формировании кометных хвостов развил и углубил во второй половине XIX в. русский астроном Ф. А. Бредихин. Он показал, что формулы Бесселя, хорошо описывающие истечение кометного вещества вблизи ядра, становятся неверными для отдаленных областей. Бредихин вывел обобщающие формулы, пригодные для произвольных расстояний от ядра. Установленная Бредихиным классификация кометных хвостов на основе их физических свойств используется и в современной астрономии.

И еще одно явление, связанное с кометой Галлея, послужило Бесселю основой для выводов о ее физической природе. 29 сентября 1835 г. он наблюдал прохождение кометы вблизи слабой звездочки 10-й величины. Затмения звезды, которого можно было ожидать при этом, не произошло. «Звезда не испытала ни малейшего преломления света, хотя наблюдалась всего в 7''—8'' от ядра, — писал Бессель. — Блеск ее тоже не ослабел. Если бы оказалось, что и на более близком расстоянии от центра свет не преломляется, то это послужило бы доказательством, что туманность кометы не состоит из газа или, по крайней мере, из известных нам газов, преломляющих свет»⁶. Прозрачность кометной головы свидетельствовала о крайней разреженности ее вещества. Еще раньше, 17 сентября, явление покрытия звезды кометой наблюдал В. Я. Струве в Дерпте. Он пришел к выводу о весьма малых размерах твердого ядра кометы.

Таким образом, астрометрист Бессель стал одним из пионеров зарождавшейся в то время науки о физической природе космических объектов — астрофизики. Конечно, знаменитой комете он отдал и традиционную дань: несколько его работ о комете Галлея посвящены позиционным вопросам. Результатами своих исследований «хвостатой звезды», будоражившей воображение публики, Бессель поделился с широкой аудиторией, собравшейся на его лекцию «О явлении кометы Гал-

⁶ Цит. по: [168, с. 84].

ля» 29 января 1836 г. в Кенигсбергском физико-экономическом обществе.

Комете Галлея, ставшей предметом первой научной работы Бесселя, суждено было стать также темой его последнего собственноручно написанного письма. Это было письмо к Шумахеру от 22 февраля 1846 г., помещенное им в «Астрономических известиях» [89].

Теория затмений и другие работы

Астрономический ежегодник СССР, издаваемый Институтом теоретической астрономии Академии наук СССР, в постоянном разделе «Затмения» содержит таблицу «Бесселевы элементы затмения». Эти величины служат для предвычисления обстоятельств солнечных затмений. Искусство предсказания затмений, основанное на знании сароса — периода их повторяемости, имеет многовековую историю, но лишь в новое время астрономам стали известны методы более или менее точного предвычисления всех обстоятельств затмений. Метод решения этой задачи, предложенный в 1842 г. Бesselем в большой работе «Анализ затмений» [84], оказался настолько удачным, что используется и ныне. Аналитическими средствами Бesselь решил задачу об общих условиях наступления солнечного затмения и о предвычислении его обстоятельств для данного пункта Земли.

В основе Бесселева метода лежит совместное решение уравнений конических поверхностей тени и полутени Луны с уравнением сфероидальной поверхности Земли. Линии пересечения конических поверхностей с поверхностью Земли дают изохроны начала и конца полного и частного солнечных затмений. Исходными данными для решения задачи служат экваториальные координаты центров Солнца и Луны и угловые радиусы этих светил. Бesselь ввел удобную прямоугольную систему координат с началом O в центре Земли и осями, направленными так: O_x идет параллельно оси конуса лунной тени; O_x — по линии пересечения плоскости земного экватора с плоскостью, перпендикулярной O_z ; O_y идет перпендикулярно O_x к северу. Значения координат по всем осям выражаются в единицах экваториального радиуса Земли. Эта координатная система получила название Бесселевой.

В результате решения задачи определяются следую-

щие величины: прямоугольные координаты $(x; y)$ центра лунной тени в плоскости xOy , склонение d и часовой угол μ направления Oz ; радиусы U_e, U_i следов пересечения конусов полутени и тени с плоскостью xOy ; углы полураствора f_e, f_i конусов полутени и тени. В таблицах Бесселевых элементов Астрономического ежегодника СССР даются значения $x, y, d, \sin d, \cos d, U_e, U_i, \mu$ с интервалом 10 минут, а также значения минутных изменений координат x, y на каждый час. Углы f_e и f_i считаются постоянными в течение времени затмения, так же как и минутное изменение μ . Имея таблицу Бесселевых элементов, можно по формулам, выведенным также Бесселем, вычислить обстоятельства солнечного затмения для любого пункта с известными географическими координатами.

К теории затмений примыкает также разработанный Бесселем метод предвычисления моментов покрытий звезд Луной. Данные об этих явлениях также публикуются в астрономических ежегодниках. Наблюдения покрытий привели Бесселя к выводу об отсутствии на Луне атмосферы. В пользу этого заключения свидетельствовало отсутствие постепенного угасания звезды при приближении ее к лунному диску; не наблюдалось при этом и никаких рефракционных явлений. Отсутствие рефракции было доказано строгими методами: Бессель сравнивал диаметр Луны, непосредственно измеренный на гелиометре, с диаметром, вычисленным по моментам покрытий звезд, и получил практически одну и ту же величину. Его статья «Замечания, касающиеся атмосферы Луны» [51], опубликованная в 1834 г., положила конец длительной дискуссии о возможности существования заметной лунной атмосферы.

И еще один раздел Астрономического ежегодника СССР исторически связан с именем Бесселя — «Эфемерида кратера Мёстинг А». Луна совершает малые (около $2''$) колебания относительно направления на центр Земли — так называемые физические либрации. Параметры этих колебаний впервые получил из наблюдений Бессель, измеряя с помощью гелиометра угловые расстояния от края лунного диска и позиционные углы лунного кратера Мёстинг А. Бессель выбрал этот маленький кратер, так как он расположен вблизи центра видимого диска Луны и имеет почти идеально круглую форму, удобную для точных измерений. Наблюдения давали Бесселю селенографические координаты кра-

тера, а сравнение их с координатами, полученными из теории либраций, позволяло уточнить теорию. Результаты своих наблюдений и вычислений Бессель опубликовал в 1839 г. в статье «Об определении либраций Луны из наблюдений» [71].

Систематические наблюдения кратера Мёстинг А, начатые Бесселем, продолжаются до нашего времени. Эфемериды кратера Мёстинг А публиковались до 1960 г. в Берлинском астрономическом ежегоднике, а с 1960 г. по решению Международного Астрономического союза публикуются в Астрономическом ежегоднике СССР. Эти данные позволяют вычислять точные экваториальные координаты Луны из наблюдаемых координат кратера, а также получать селенографические координаты объектов на Луне путем микрометрических измерений относительно кратера Мёстинг А.

Ряд работ Бесселя посвящен небесномеханическим проблемам: определению масс больших планет по движению их спутников и по возмущениям, вызванным притяжением планет в движении комет; на протяжении многих лет он исследовал систему Сатурна. Бессель систематически наблюдал также астероиды и спутники планет и вычислял их орбиты. 5 мая 1832 г. он пронаблюдал прохождение Меркурия по диску Солнца и определил диаметр этой планеты. Он изучал явление метеоров и посвятил ему несколько работ; его интересовала природа полярных сияний, земного магнетизма, шаровой молнии и многие другие вопросы естествознания, нередко выходящие за рамки астрономии.

С астрономическим научным творчеством ученого неразрывно связаны его фундаментальные исследования в области геодезии.

Глава 10

Геодезические и гравиметрические работы

Работы Бесселя в области геодезии относятся к тому периоду ее развития, когда сплюснутость Земли у полюсов, теоретически предсказанная И. Ньютоном, была подтверждена градусными измерениями XVIII в. и уже не вызывала сомнений. Однако попытки представить фигуру Земли в виде правильного эллипсоида вращения, сжатого вдоль полярной оси, встречали препятствие в несогласованности результатов градусных измерений XVIII в., выполненных на разных континентах. Это несоответствие нельзя было объяснить только погрешностями измерений, и потому напрашивался вывод, что кривизна меридианов не постоянна вдоль параллели, и, следовательно, фигура Земли отличается от эллипсоида вращения. Постепенно крепло убеждение, что наша планета имеет сложную и неправильную фигуру, которую невозможно описать простыми математическими формулами. Усилия геодезистов первой половины XIX в. были направлены на уточнение параметров эллипсоидального приближения, а также на исследование отклонений реальной фигуры Земли от ее той или иной эллипсоидальной модели. Работы велись по двум направлениям: путем градусных измерений и посредством определения силы тяжести в разных точках земной поверхности.

Сущность градусного измерения состоит в определении линейной длины и угловой меры некоторой дуги (обычно дуги меридиана) на поверхности Земли. Однако измерить непосредственно на местности с требуемой точностью длину дуги в один градус практически невозможно из-за естественных препятствий: лесов, рек, неровностей рельефа и т. п. Поэтому длины больших дуг на земной поверхности не измеряют, а вычисляют методом триангуляции. Этот метод позволяет ограничиться непосредственным измерением длины

лишь одной сравнительно короткой (порядка нескольких километров) линии — базиса, который выбирают на ровной местности (поле, лед озера или реки) и измеряют со всей возможной тщательностью. Базис служит одной из сторон треугольника, входящего в непрерывную сеть смежных треугольников, простирающихся вдоль измеряемой дуги на поверхности Земли. Начальная и конечная точки этой дуги являются вершинами крайних треугольников всей сети. Измерив углы треугольников, что гораздо проще измерения длин, по формулам тригонометрии вычисляют через известную длину базиса длины сторон всех треугольников сети. Затем стороны проецируются на направление измеряемой дуги, в результате чего находят ее длину. Угловая мера дуги определяется через географические координаты ее концов, полученные из астрономических наблюдений.

Таким образом, градусное измерение включает три операции: измерение базиса, построение триангуляционной сети и определение географических координат концов дуги. Каждая из этих операций представляет собой самостоятельную и непростую научно-практическую задачу. По совокупности градусных измерений, выполненных в разных районах Земли, можно вычислить элементы фигуры планеты.

В основе другого из упомянутых методов изучения фигуры Земли — гравиметрического — лежит зависимость величины силы тяжести от географической широты наблюдателя и его расстояния от центра масс Земли. В случае эллипсоидальной модели расстояние от центра эллипсоида до точки на его поверхности является функцией только широты. Приблизительно эта функция может быть описана следующим соотношением (теорема Клеро):

$$g = g_0 (1 + \beta \sin^2 \varphi),$$

где

g — ускорение свободного падения на широте φ ,
 g_0 — то же на экваторе,

$$\beta = \frac{5}{2}q - \alpha,$$

q — отношение центробежной силы к силе тяжести на экваторе,

α — сжатие земного сфероида (эллипсоида вращения).
 На поверхности сплюснутой и вращающейся Земли,

таким образом, ускорение свободного падения, а следовательно, сила тяжести, возрастает при движении от экватора к полюсам. Разность g на экваторе и полюсах составляет $5,3 \text{ см/с}^2$. Около $\frac{2}{3}$ этой величины обусловлены уменьшением тяжести на экваторе за счет центробежной силы вращения Земли, $\frac{1}{3}$ — сплюснутостью Земли у полюсов, вследствие которой расстояние до центра масс Земли на полюсе примерно на 21 км меньше, чем на экваторе. По измеряемой из наблюдений над колебаниями маятника величине g можно решить обратную задачу: определить расстояния точки измерений от центра Земли. Известное число опытов в разных точках земной поверхности позволяет составить представление о фигуре Земли.

Геодезическим и гравиметрическим исследованиям как в теории, так и на практике Бессель отдал немало сил и времени. Геодезия по числу научных трудов стоит на втором после астрономии месте в его научном наследии. С этим направлением научных изысканий Бесселя тесно связаны и его работы по метрологии. «В решение всех этих проблем Бессель внес очень большой вклад, который, занимая блестящие страницы в истории геодезии, продолжает приносить пользу геодезической науке и сегодня» [125, с. 292], — пишет один из ведущих советских геодезистов А. А. Изотов.

Проблемы теории геодезических измерений в трудах Бесселя

Первые теоретические работы Бесселя по геодезии относятся к началу 20-х годов и выполнены в связи с датским градусным измерением Шумахера. В этих работах, написанных в форме писем к Шумахеру и опубликованных им в «Астрономических известиях», рассматривается, в частности, очень важный для высшей геодезии вопрос о возможности замены треугольников сфероидических (на эллипсоиде вращения) треугольниками сферическими (на шаре). Если такая замена в пределах требуемой точности возможна, то далее сферический треугольник можно решать на основании теоремы Лежандра как плоский, имеющий те же длины сторон, что и сферический, и углы, уменьшенные по сравнению с углами сферического треугольника на одну треть сферического избытка (т. е. разности между суммой углов сферического треугольника и 180°). «Со-

вершенная точность, которую при таком способе вычислений получаем для сферической формы Земли, — писал Бессель, — несколько нарушается ее эллипсоидальной формой; конечно, это нарушение незначительное, и, как я знаю, на него до сих пор не обращали внимания; но если желательно полностью придерживаться правил вычисления геодезических измерений, то не следует упускать из виду и это обстоятельство» [102, с. 25].

Проблема перехода от измеренных на физической поверхности Земли треугольников к сферическим осложнялась еще и тем, что первые не могли быть строго сфероидическими, даже в предположении, что фигура Земли — сфероид. Сфероидический треугольник образован на поверхности эллипсоида вращения геодезическими линиями (т. е. линиями кратчайшего расстояния между вершинами), а измерения угломерным инструментом, ориентированным по пузырьковому уровню, дают углы между плоскостями вертикальных сечений Земли, проходящих через точку наблюдения. Бессель впервые указал на несовпадение линии вертикального сечения с геодезической линией и вывел формулы для разности азимутов обеих линий. Он установил также зависимости между углами сфероидического и сферического треугольников с соответственно равными сторонами и указал способ сведения сфероидических треугольников к сферическим. Разность соответственных углов этих треугольников оказалась величиной третьего порядка малости по сравнению с отношением длины стороны к среднему для этой стороны радиусу кривизны земного сфероида. Этот вывод справедлив для треугольников со сторонами любой длины. С учетом требований к точности измерений отсюда следовало, что непосредственная замена сфероидического треугольника сферическим допустима лишь для треугольников с длинами сторон не более 150 км [125, с. 293]. Бессель установил также допустимые границы применимости теоремы Лежандра.

В 1826 г. в работе «О вычислении географических долгот и широт по геодезическим измерениям» Бессель рассмотрел так называемую прямую геодезическую задачу: «По заданной широте пункта А, по измеренному вдоль геодезической линии расстоянию от этого пункта до другого пункта В и по углу, образуемому этой линией с меридианом, проходящим через пункт А, найти ши-

роту второго пункта, его разность долгот с первым, а также угол геодезической линии с меридианом, проходящим через второй пункт» [104, с. 30]. Этой задачей занимались и другие геодезисты, в их числе Гаусс, который глубоко разработал математическую теорию поверхностей и дал задаче свое решение. Однако оно было пригодно лишь для небольших расстояний. Бессель в упомянутой статье дает решение прямой геодезической задачи в форме тригонометрических рядов, пригодное для любых расстояний. Это решение стало классическим и сохранило свою актуальность до нашего времени, чему в немалой степени способствовали составленные Бесселем таблицы, пригодные для любой эллипсоидальной модели фигуры Земли. Работами Бесселя и Гаусса было положено начало новому направлению в геодезической науке — сфероидической геодезии.

Бессель фактически дал определение геоида — наиболее точной модели фигуры Земли. Этот термин, принятый в современной геодезии, был введен в науку в 1873 г. немецким физиком И. Б. Листингом. Однако существо этого понятия под названием «геометрической фигуры Земли» (в отличие от реальной, физической, со всеми особенностями рельефа) было сформулировано Бесселем в 1837 г. в работе «О влиянии неправильностей фигуры Земли на геодезические работы и сравнение последних с астрономическими определениями» [105], где он писал: «Существует важное различие между физической и геометрической фигурой Земли. Первая непосредственно соответствует твердой и водной поверхностям Земли и испытывает небольшие периодические изменения вследствие морских приливов и отливов, а также изменения, которые могут происходить с ее твердой поверхностью на более или менее значительном пространстве, в течение более короткого или длительного времени при подъемах или опусканиях ее поверхности. Вторая поверхность пересекает под прямым углом равнодействующую направлений сил притяжения, исходящих от отдельных частиц Земли, совместно с соответствующей им скоростью вращения, зависящей от центробежной силы. Этого условия достаточно, но для определения какой-то одной поверхности, покрытой жидкостью, находящейся в равновесии; нужно еще определить, какая из этих поверхностей должна считаться геометрической по-

верхностью Земли. Выбор ее в действительности должен оставаться произвольным, если его не ограничивают некоторые посторонние условия, например, если бы Земля была твердым телом и не имела морей. Но так как у нее есть моря, то согласно требованиям природы за поверхность Земли, соответствующую указанным условиям, следует взять такую, часть которой представляет собой поверхность моря. Следовательно, воображают Землю, пересеченную сетью каналов, соединяющихся с морем и заполненных им; поэтому поверхность спокойной воды в них совпадает с геометрической поверхностью Земли.

Видимые неправильности физической поверхности Земли, следовательно, отнюдь не принадлежат к ее *геометрической* поверхности, но так как они тоже производят неравномерное распределение масс, то они имеют косвенное влияние на последнюю, вследствие чего производят притяжение, которое отсутствовало бы без их существования. Неправильности распределения масс внутри Земли также производят неправильности ее геометрической формы. Взятые вместе все притяжения совместно с центробежной силой и образуют ту самую поверхность, на которой производятся геодезические работы» [105, с. 43—44]. Именно так и понимается ныне наиболее точное приближение к фигуре Земли, получившее название геоида.

Приняв в качестве модели земной фигуры неправильную, искаженную неравномерным распределением масс поверхность океана, Бессель исследовал вопрос о влиянии отклонений этой поверхности от эллипсоида вращения на результаты астрономо-геодезических измерений (так называемая общая редуцированная геодезическая проблема) и показал, что, как бы ни были незначительны отклонения геоида от эллипсоида вращения, они должны все же учитываться в работах высокой точности. Он предложил также при обработке геодезических измерений рассматривать в качестве опорных пунктов не сами пункты на поверхности Земли, а их нормальные проекции на поверхность эллипсоида, что исключало неоднозначность в определении взаимного положения опорных пунктов. Как отмечает А. А. Изотов, «эта идея, кажущаяся теперь естественной и простой, долгое время оставалась не вполне осознанной геодезистами. Как известно, эта идея только в 30-х годах XX в. была теоре-

тически разработана и доведена до практических приложений трудами выдающегося советского астронома-геодезиста Ф. Н. Красовского и представителей его научной школы» [125, с. 296—297].

Теоретические результаты Бесселя были воплощены им в геодезическую практику и получили на ее основе дальнейшее развитие.

Градусное измерение

Градусное измерение в Восточной Пруссии — главное научно-практическое предприятие Бесселя в области геодезии. Поводом для выполнения этой работы послужили планы соединения русской и западноевропейской триангуляционных сетей в месте их наибольшего сближения — в районе Кенигсберга—Мемеля (см. гл. 5). Касаясь предыстории этого предприятия, Бессель писал: «В 1829 г. русское правительство обратилось с просьбой к нашему правительству, в которой оно выразило пожелание, чтобы директор Кенигсбергской обсерватории произвел тригонометрическую связь между этой обсерваторией и триангуляцией, проложенной генерал-майором Теннером на территории России. Готовность с нашей стороны выполнить такое пожелание вполне согласовалась с той выгодой, что это соединение обещало дать дополнительный материал для определения фигуры Земли» [107, с. 99]. Именно этот «дополнительный материал» привлекал Бесселя в первую очередь.

Бесселю предстояло проложить сеть треугольников, примыкающих на юго-западе к стороне Трунц—Вильденгоф прусской триангуляции, на северо-востоке — к стороне Мемель—Лепайцы русской сети. Для целей соединения триангуляций можно было воспользоваться вычисленными длинами крайних сторон русской и прусской сетей, однако Бессель, желая иметь независимые результаты для запланированного им градусного измерения и возможность контроля вычислений обеих сетей, предпочел строить работу на собственноручно измеренном базисе. Дуга, линейную и угловую меру которой предстояло получить, соединяла пункт Трунц (ныне село Милеево в Польше) и башню маяка в Мемеле; длина ее составляла около 196 км. Цепь треугольников прокладывалась по берегу залива Фришес-Гаф (ныне Вислинский и Ка-

лининградский заливы), через Кенигсберг, по Земландскому полуострову и по заливу Куршес-Гаф (ныне Куршский залив Балтийского моря), где вершины треугольников располагались по восточному берегу залива и на Куршской косе.

Интересен подход Бесселя к выбору длины базиса. Традиционно считалось, что чем больше базис, тем точнее результаты триангуляции, и геодезисты строили базисы длиной порядка 10 км, хотя измерить его на местности было непросто. Бессель рассуждал иначе: «На вопрос, необходимо ли измерять базис обычной длины, или такой же точности можно достигнуть и значительно более короткими базисами, следует ответить, только приняв во внимание имеющиеся в нашем распоряжении средства для измерения углов, а также большую или меньшую точность, с которой будет связана измеряемая линия с линиями, длину которых нужно определить. Мы думаем. . . что уже обладаем средствами, обеспечивающими высокую точность при измерении углов. Мы не сомневались, что сможем такими угломерными приборами увеличить более короткую линию с большой точностью до сравнительно длинной, поэтому считали менее важным измерять линию большой длины, чем выбрать для нее расположение поблизости от приборов компарирования мерных жезлов. . . Мы решили поэтому, что лучше выбрать соответствующий таким соображениям базис длиной всего 935 туазов¹ (1823 м), так как измерение линии столь малой длины доставит меньше затруднений для повторных измерений, чем производимые в настоящее время однократные измерения более длинных линий» [107, с. 123—124]. Таким образом, по мнению Бесселя, той же точности, которая получается при большом базисе, можно достигнуть с малым базисом за счет предельно тщательных угловых и линейных измерений новейшими средствами.

Для измерения базиса Бессель выбрал равнинное место между поместьями Тренк (ныне Вязовка Гурьевского района Калининградской области) и Медникен (ныне Дружное). Соединяющая эти пункты прямая стала основанием двух треугольников с вершинами в Фуксберге (ныне Холмогоровка) и Варелиттене (ныне не существует), отстоящими друг от друга на

¹ 1 туаз — 1,94904 м.

расстоянии 5755 м. В свою очередь, линия Фуксберг—Варгелиттен явилась основанием больших треугольников с вершинами в Гальтгарбене (возвышенность в районе нынешнего Переславского) и Хабербергской башне в Кенигсберге (место нынешнего кинотеатра «Октябрь»), расположенными на расстоянии 21 015 м. С помощью сторон Гальтгарбен—Кенигсберг, Гальтгарбен—Фуксберг и Фуксберг—Конденен (ныне Аистово) была определена выходная сторона Гальтгарбен—Конденен базисной сети, являющаяся одновременно стороной треугольника основной сети. Ее длина равна 29 563 м.

Особое внимание Бессель уделил закреплению концов базиса в Тренке и Медникене, а также концов линий Фуксберг—Варгелиттен и Гальтгарбен—Конденен. В ямах глубиной около 1,5 м с выложенным камнем дном устанавливались гранитные глыбы с вделанными в них латунными цилиндрами. Крестообразные насечки на концах цилиндров фиксировали данный пункт. Над землей пункты были обозначены столбами кирпичной кладки с завершением из песчаника и высоким цилиндром, через который пропускался отвес. После завершения работ столбы в Тренке, Медникене, Фуксберге и Варгелиттене предполагалось разобрать, а столбы из песчаника на концах выходной стороны в Гальтгарбене и Конденене оставить для возможных работ в будущем.

Длину базиса Бессель измерял базисным прибором собственной конструкции. Основу прибора составляли мерные жезлы длиной около 3,9 м. Каждый из четырех жезлов состоял из железного и цинкового стержней, наложенных друг на друга и жестко скрепленных на одном конце. Биметаллический принцип конструкции жезла из материалов с различными коэффициентами температурного расширения давал возможность учитывать тепловые деформации жезла без измерений температуры. Жезлы располагались вдоль базиса не вплотную друг к другу, а с некоторым зазором, чтобы при укладке последующего жезла не сдвинуть предыдущий. Величина зазора измерялась вдвижением в него специального мерного клина, изготовленного из стекла и получившего название мерного клина Бесселя. Отклонение жезла от горизонтали контролировалось уровнем. В линию базиса жезлы укладывались на специальных помостах, при этом точность контролирова-

лась пассажным инструментом. Базисный прибор конструкции Бесселя оказался настолько удачным, что применялся геодезистами вплоть до начала XX в. Кстати, в связи с проблемой линейных измерений Бессель поставил и средствами математики решил задачу о минимизации прогиба жезла в зависимости от положения двух точек упора, на которых покоится жезл [108]. Эти точки оказались отстоящими от концов жезла на 0,22 его длины. В механике они называются точками Бесселя.

Дуга в Бесселевом градусном измерении не совпала с направлением меридиана, а составляла с ним угол более 40° , вследствие чего в ее конечных точках а также в пунктах триангуляции требовалось определять не только широту, но и долготу. Однако Бессель избежал измерения долгот, заменив их измерением азимутов, так как методы долготных измерений того времени не обеспечивали достаточной точности. «Очевидно, вообще нельзя определенно говорить, что можно считать более предпочтительным: определение разностей долгот или наблюдение азимутов», — писал Бессель. И далее: «По-видимому, точность, которую в настоящее время можно получить при определении азимута, оставляет желать малого, и я не сомневаюсь, что составленное на основании такого определения уравнение, поскольку вес его единственно зависит от точности астрономических определений, может давать точность гораздо большую, чем уравнение, составленное на основании определения времени. . . Но перенесение азимута на большие расстояния может быть достигнуто только измерением углов, которые образованы различными частями ломаной линии, соединяющей оба конечных пункта. . . Следовательно, точность такой линии уменьшается обратно пропорционально квадратному корню из числа ее промежуточных пунктов. Отсюда вытекает, что если азимуты и имеют право на преимущество, то только в том случае, когда соединяющая конечные пункты линия достигает от одного из них до другого через два или три промежуточных пункта» [105, с. 75—76]. Это условие выполнялось в триангуляции Бесселя: были найдены два промежуточных пункта, находящиеся в пределах прямой взаимной видимости — Гальтгарбен и Нидден (ныне г. Нида Литовской ССР); с первого из них можно было наблюдать Трунц, а со второго — Мемель. Таким образом,

и в этой части работы основной упор делался на точность измерений углов.

Основным угломерным инструментом Бесселя был построенный Эртелем в Мюнхене по чертежам Шумахера теодолит с диаметром горизонтального круга 15 дюймов (38 см). Четыре верньера этого круга обеспечивали точность отсчетов до 2". Труба длиной 48 см имела отверстие 46 мм, отсчеты по вертикальному кругу диаметром 19 см считывались с помощью четырех же верньеров. Одним наведением теодолита на цель измерялись обе координаты — азимут и зенитное расстояние. С теодолитом Эртеля работали Бессель и командированный к нему от Прусского генерального штаба майор И. Я. Байер. Еще один участник работ — лейтенант Куленкампф — пользовался теодолитом Пистора и Шиика с горизонтальным кругом 12 дюймов (30,5 см). Этот инструмент предназначался только для измерения азимутов и использовался в наблюдениях в четырех пунктах на восточном берегу Куршского залива.

Для визирования на далекие пункты были устроены специальные приспособления. В солнечную погоду на пункте устанавливалось выпуклостью к наблюдателю полированное посеребренное полушарие, и точкой визирования служило отражение Солнца на его поверхности. Эту яркую точку можно было наблюдать в теодолит с расстояния до 10 км. Правда, при этом приходилось учитывать взаимное положение Солнца, полушария и наблюдателя, так как блестящая точка смещалась по поверхности полушария вследствие движения Солнца. В пасмурную погоду визирование осуществлялось на черную полосу, начерченную вертикально на белой квадратной доске. И еще одно приспособление в качестве цели визирования использовалось Бесселем — изобретенный Гауссом гелиотроп. Этот прибор имел зрительную трубу и два взаимноперпендикулярных зеркала, установленных перед объективом трубы. Если направить трубу на пункт, откуда ведутся наблюдения, а зеркало перед объективом установить так, чтобы в середине поля зрения трубы было видно Солнце, то второе зеркало отразит солнечный луч точно по направлению трубы, т. е. к далекому наблюдателю. Визирование на гелиотроп применялось на дальних расстояниях — свыше 40—50 км. Бессель упоминает также, что он использовал гелиотроп для

передачи известий с одного пункта на другой [107, с. 139].

По планам Бесселя результаты геодезических работ предполагалось проконтролировать астрономическими методами, с помощью которых следовало определить широты и азимуты в пунктах Мемель, Кенигсберг и Трунц. Азимуты определялись в некоторых случаях теодолитом Эртеля, но основным средством астрономических измерений служил переносной пассажный инструмент, которым Бессель определял как азимуты, так и широты. Способ определения широт пассажным инструментом по наблюдениям звезд в первом вертикале вблизи зенита был предложен Бесселем еще в 1824 г. [27]. «Весьма ценное преимущество этого способа заключается в том, что можно непосредственно из наблюдений исключить всякую инструментальную ошибку», — отмечает Бессель. И далее: «Если правильно пользоваться им, то будут непосредственно исключены из результата ошибки за неравенство цапф его оси, отклонение их от формы кругового цилиндра и гнутие инструмента, так что каждое полное наблюдение производится при условии, что оно зависит только от случайных ошибок» [107, с. 168]. Способ Бесселя был в 1826—1827 гг. успешно применен в России К. И. Теннером в Литовском градусном измерении (см. гл. 5).

К работам по соединению двух сетей триангуляций и градусному измерению Бессель и Байер приступили в 1831 г. Однако едва они успели совершить рекогносцировочную поездку по районам будущей триангуляции и заказать по чертежам Бесселя базисный прибор, как в Пруссии началась эпидемия холеры — одна из самых жестоких в истории Европы. В 1830 г. мор проник из Индии через Персию в Астрахань, в июне 1831 г. распространился до Петербурга, где унес 7 тысяч жизней. Затем через Польшу холера достигла Кенигсберга, Берлина и Вены. В Кенигсберге обстановка была очень тревожной. С началом эпидемии прекратились занятия в школах и в университете, власти ввели жесткие и не всегда продуманные карантинные ограничения. Нарастало раздражение населения, ставшее причиной многих беспорядков в городе и переросшее в известный кенигсбергский «холерный бунт», когда разъяренная толпа разгромила здание полиции и учинила расправу над врачами, «выдумавшими холеру».

Пытавшиеся усмирить бунтовщиков студенты университета были втянуты в рукопашную схватку. И лишь применение огнестрельного оружия отрядом кирасир, повлекшее кровопролитие, положило конец бунту².

Тяготы холерной эпидемии не миновали и Бесселя. Начало мора застало его в городе. Глубоко встревоженный, он узнал, что по распоряжению магистрата специальное место для захоронения умерших от холеры отведено в 50 м от обсерватории, где астроном жил со своей семьей. Несмотря на его энергичные протесты и даже поддержку обер-президента города, магистрат не изменил своего решения. Бессель вынужден был оставить город и поселиться с семьей в деревне. К счастью, болезнь не коснулась ни одного из его близких, и в октябре 1831 г. семья смогла возвратиться в Кенигсберг.

Геодезисты возобновили работы только в 1832 г. Они составили проект сети треугольников, выбрали на местности триангуляционные пункты с открытым обзором и выполнили астрономические наблюдения в Трунце. Тогда же были закреплены на местности концы базиса и вершины вспомогательных треугольников, обеспечивавших связь базиса с основной триангуляционной сетью, и измерены углы в этих пунктах. С весны 1833 г. до середины лета 1834 г. были измерены углы треугольников основной сети, выполнены астрономические наблюдения в Мемеле и повторно определен азимут в Трунце.

В августе 1834 г. геодезисты проделали одну из самых тонких и ответственных операций всего предприятия — измерение базиса. Собственно измерительные работы начались 11 августа в 10 часов утра в Тренке. К вечеру было измерено расстояние в 226 туазов — менее одной трети всей длины базиса. Измерения продолжались весь следующий день и только 13 августа к 12 час. 50 мин. достигли пункта Медникен. 14—15 августа все работы были повторены в направлении Медникен—Тренк, а 16 августа еще раз промерено расстояние от Тренка до конечной точки измерений 11 августа. Длина базиса по двум рядам измерений оказалась равной на средней высоте измерений 934,997807 туаза, после приведения ее к уровню моря —

² «Холерный бунт» описан К. М. Бэрм в его «Автобиографии» [173, с. 373—374].

934,993124 туаза [107, с. 130]. На этом основные полевые работы по градусному измерению были закончены. Дополнительно в 1836 г. для более надежной связи Кенигсбергской обсерватории с сетью основных треугольников здесь были выполнены наблюдения тех же звезд, по которым определялись широты в Мемеле и Трунце, с помощью того же пассажного инструмента.

Вывод результатов градусного измерения опирался на строгую математическую обработку полученных матерпалов. Ее задачу Бессель формулирует так: «Решение должно удовлетворять двум требованиям: во-первых, следует так изменить или взаимно уравнять непосредственно произведенные наблюдения, чтобы они удовлетворяли допустимой сети треугольников и не оказались противоречивыми и не давали двух различных значений для какой-нибудь стороны или угла; во-вторых, следует определить эти изменения так, чтобы сумма квадратов их была наименьшей. Автор нашел решение этой задачи» [107, с. 147]. Речь идет о задаче уравнивания геодезических вычислений способом наименьших квадратов. Решение этой задачи было уже найдено Гауссом, но Бессель предложил иной прием, сокращавший число нормальных уравнений для поправок, что заметно облегчало вычисления.

Итак, огромный Бесселев геодезический труд — градусное измерение — отмечен печатью новизны и оригинальности как в части применявшихся приборов и инструментов, так и в методике измерений и способах их математической обработки. Новаторские черты Бесселевой работы оказали благотворное влияние на последующее развитие практики геодезических измерений. Бесселева триангуляция стала связующим звеном между русской и европейской геодезическими сетями, объединив их в единую систему, простиравшуюся от Средиземного моря до Финляндии. Эта система в последующие годы продолжала расширяться с обеих сторон. Результаты этой работы Бессель изложил в книге «Градусное измерение в Восточной Пруссии и соединение его с прусской и русской триангуляцией», вышедшей в 1838 г. в Берлине. Книга была в 1961 г. издана на русском языке вместе с другими трудами Бесселя по геодезии [107].

Эллипсоид Бесселя

Фундаментальным научным результатом теоретических и практических работ Бесселя в геодезии явилось создание им новой математической модели фигуры Земли, известной в истории науки под названием эллипсоида Бесселя. Измерение дуги, наклонной к меридиану, как это было у Бесселя, равносильно двум градусным измерениям: по меридиану и по параллели. Говоря о достоинствах такого подхода, Бессель замечает: «. . .если Земля действительно представляет собой сфероид такого вида, то его фигура и размеры будут полностью определены одним градусным измерением. По-видимому, до нашей работы никогда не пользовались этим замечанием» [107, с. 100]. Для вывода элементов земного эллипсоида Бессель не ограничился только своим градусным измерением, дуга которого была скромной по размерам: ее проекция на меридиан составляла $1^{\circ}30'28''$,980. Он использовал еще 9 градусных измерений, выполненных в течение столетия в разных частях земного шара к 30-м годам XIX в., а именно Перуанское ($3^{\circ}7'3''$,455), первое Ост-Индское ($1^{\circ}34'56''$,428), второе Ост-Индское ($15^{\circ}15'40''$,728), Французское ($12^{\circ}22'12''$,74), Английское ($2^{\circ}50'23''$,497), Ганноверское ($2^{\circ}0'57''$,42), Датское ($1^{\circ}31'53''$,306), Русское ($8^{\circ}2'28''$,907), Шведское ($1^{\circ}37'19''$,565). В скобках указана протяженность измеренной дуги меридиана в градусной мере. Все измерения проводились в Северном полушарии, и лишь перуанская дуга пересекала экватор, достигая $3^{\circ}4'32''$ южной широты. Самой северной была шведская дуга: она кончалась под $67^{\circ}8'50''$ с. ш. [106, с. 84—88]. Суммарная протяженность всех дуг в 10 градусных измерениях составила около 50° , общее число астрономических пунктов в них — 38. Бессель видел свою задачу в том, чтобы найти «такой сфероид, от поверхности которого поверхность Земли ни в одной точке заметно не отходит. . . При чем можно поставить себе условие: так определить оси этого сфероида, чтобы возможно лучше при его помощи представить существующие в настоящее время градусные измерения» [106, с. 83].

В 1837 г. в статье «Определение осей эллиптического сфероида вращения, лучше всего соответствующего существующим в настоящее время измерениям дуги меридианов Земли» [106] Бессель опубликовал

полученные им элементы фигуры Земли. Он привел значения полярного и экваториального радиусов Земли, величину сжатия земного сфероида, аналитические выражения для длины одного градуса меридиана и параллели в функции географической широты, а также для радиуса кривизны меридиана и расстояния от центра Земли.

Спустя четыре года после выхода в свет этой работы Парижская Академия наук сообщила о значительной ошибке — около 70 туазов (136,5 м), — обнаруженной в вычислениях длины французской дуги. Для устранения этой ошибки во Франции были выполнены независимые ряды вычислений, результаты которых совпали в пределах 3—4 туазов. Тем не менее Бессель счел желательным еще раз лично выполнить все вычисления по французской дуге и получил ее длину, лишь на доли туаза отличающуюся от среднего значения исправленных французских результатов. С учетом этого исправления он переработал весь свой труд 1837 г. об эллипсоиде и в 1841 г. опубликовал следующие уточненные элементы фигуры Земли [80]:

экваториальный радиус	$a=6\ 377\ 397,15$ м;
полярный радиус	$b=6\ 356\ 078,96$ м;
полярное сжатие	$\frac{a-b}{a} = \frac{1}{299,153}$.

По определениям Бесселя, длина одного градуса меридиана у полюсов равна 111 679,90 м, у экватора — 110 563,68 м. Он вычислил также длину четверти земного меридиана, одна десятимиллионная часть которой была принята в 1795 г. французским Конвентом в качестве новой единицы длины — метра — основной единицы метрической системы мер. Бессель показал, что четверть меридиана содержит не 10 000 000 м, а 10 000 855,76 м со средней ошибкой результата $\pm 498,23$ м [106, с. 97]. По этому поводу в упомянутой статье 1837 г. (где эта величина до учета французской ошибки была даже несколько меньше) Бессель замечает: «Отсюда видно, насколько неточен метр даже сейчас, когда число градусных измерений значительно увеличилось, если хотят держаться первоначального предположения, что он должен равняться одной десятимиллионной части земного квадранта. Его неточность равна по крайней мере 0,0225 его линии, т. е. величине, которая может показаться нечувствительной

только при очень грубых измерениях» [106, с. 94]. Проблемой целесообразного выбора единицы длины Бессель занимался специально; об этом речь будет ниже.

Для своего времени эллипсоид Бесселя стал самой точной моделью фигуры Земли. В качестве таковой он использовался около столетия в геодезических и картографических работах во многих странах, в том числе в Австрии, Албании, Венгрии, Германии, Греции, Голландии, Индонезии, Италии, Норвегии, Швеции, Швейцарии, Югославии, Чили, Японии [190, с. 25]. В России перед введением эллипсоида Бесселя геодезисты пользовались около двух десятилетий эллипсоидом Х. Ю. Вальбека, выведенным из шести градусных измерений с суммарной протяженностью дуг около 29° . Целое столетие понадобилось для того, чтобы наука накопила новые данные о фигуре Земли, послужившие основанием для замены эллипсоида Бесселя более точными моделями. В 1946 г. Постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля в Советском Союзе был принят для использования в геодезических и картографических работах новый эллипсоид, выведенный в 1941 г. советскими геодезистами Ф. Н. Красовским и А. А. Изотовым на основе ряда градусных измерений в России, Европе и США. Элементы эллипсоида Красовского таковы:

экваториальный радиус	$a=6\ 378\ 245\ \text{м},$
полярный радиус	$b=6\ 356\ 863\ \text{м},$
полярное сжатие	$\frac{a-b}{a} = \frac{1}{298,3} \cdot$

Наиболее точные данные о фигуре и размерах Земли получены в наше время с помощью комплексных исследований на земной поверхности и наблюдений за движением искусственных спутников Земли. По этим данным значения экваториального и полярного радиусов Земли отличаются от элементов, выведенных Бесселем в 30—40-х годах XIX в., в пределах всего лишь нескольких сотен метров. Изучение фигуры Земли продолжается и ныне; при этом сегодня ученых интересуют прежде всего изменения земной фигуры, пусть и незначительные, по которым можно судить о происходящих в недрах Земли процессах, а также о силах, действующих на нашу планету со стороны других небесных тел.

Измерение длины секундного маятника

В начале главы говорилось о гравиметрическом методе исследования фигуры Земли, требующем высокоточных измерений ускорения свободного падения g . Основным инструментом такого рода исследований служат маятниковые приборы той или иной конструкции.

Как известно из механики, зависимость между длиной l математического маятника (т. е. массивной точки на невесомой нерастяжимой нити), периодом T его колебаний и амплитудой может быть выражена в форме ряда:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\alpha}{2} + \frac{9}{64} \sin^4 \frac{\alpha}{2} + \dots \right).$$

Если амплитуда колебаний достаточно мала, то членами с синусами в этой формуле можно пренебречь и считать, что $T \approx 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. Измерив длину l и период T , можно найти с помощью последней формулы абсолютное значение g для данного пункта. Однако абсолютные определения g весьма сложны; для этого необходимы измерения с высокой точностью двух величин — длины и времени. Такие измерения, как правило, могут быть выполнены лишь в стационарных лабораторных условиях. Но, зная абсолютное значение ускорения g_0 в каком-то пункте, можно сравнительно легко рассчитать относительную величину g/g_0 в другом пункте. Относительные определения требуют лишь измерения периода колебаний T . В предположении постоянства длины l для исходного и исследуемого пунктов имеем соответственно:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g_0}} \quad \text{и} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad \text{откуда}$$

$$g/g_0 = \frac{T_0^2}{T^2} \quad \text{— относительная величина ускорения.}$$

На практике определяют с предельной точностью абсолютное значение g_0 в одном или в очень небольшом числе пунктов, а затем во многих точках выполняют относительные определения — производят гравиметрическую съемку земной поверхности.

Решению наиболее трудной части задачи — абсо-

лютному определению ускорения свободного падения — Бессель посвятил несколько лет упорного труда. Помимо упомянутых выше трудностей принципиального характера, с которыми связаны абсолютные определения, возникали еще и не менее серьезные технические затруднения. Реальный физический маятник не тождествен своему математическому идеалу: его груз имеет конечные размеры, подвес обладает массой, и его длина не может оставаться неизменной, например, из-за температурных или иных деформаций. Само понятие длины физического маятника требует уточнения. За таковую принимают так называемую приведенную длину, равную длине l математического маятника с тем же периодом колебаний, что и у физического маятника. При таком определении длины физического маятника для него остаются справедливыми выписанные выше формулы. Однако измерение приведенной длины на практике затрудняется неопределенностью положения нижней точки воображаемой идеальной нити подвеса. Действительно, приведенная длина зависит от архитектуры маятника, его массы, от устройства подвеса. Выход из этого затруднения был найден с помощью так называемого обратного маятника, сконструированного в 1818 г. английским физиком Г. Кэтером.

Подвесом обратного маятника служит жесткий стержень, на котором можно закрепить в нужном положении один или несколько грузов. Стержень имеет две оси качаний, выполненные в виде призм, острия которых направлены друг к другу. Призмы также могут быть закреплены на стержне в желаемом положении. Идея обратного маятника состоит в том, что, перемещая вдоль стержня грузы и призмы, можно найти по разные стороны и на разных расстояниях от центра тяжести маятника такие два положения параллельных между собой осей качания (так называемые взаимные точки), что периоды колебаний маятника на этих осях будут одинаковы при одинаковых амплитудах. Следовательно, расстояние между остриями призм равно приведенной длине физического маятника. Это расстояние может быть измерено достаточно точно и таким образом в принципе можно решить проблему определения приведенной длины. Маятниковые приборы конструкции Кэтера получили широкое распространение и считались лучшими до тех пор, пока проблемой не занялся Бессель.

В начале 20-х годов XIX в. Берлинская академия наук поручила академику И. Г. Траллесу измерить с помощью прибора Кэтера длину секундного маятника для Берлина; иными словами, задаваясь постоянным полупериодом колебаний, равным одной секунде, измерить длину маятника l и вычислить абсолютное значение ускорения свободного падения. Но из-за смерти Траллеса в 1822 г. подготовительные работы были прерваны, и академия предложила продолжить их Бесселю. Бессель поставил жесткие условия: он должен быть полностью свободен в выборе приборов и методов исследования. Эти условия оказались неприемлемыми для академии, и стороны разошлись ни с чем.

Причиной жесткой позиции астронома было его недоверие к методу Кэтера. «Измерения Кэтера и Борды сами по себе были точны до одной тысячной линии, — писал Бессель, — но результаты, из них выведенные, как показали это позднейшие открытия, были неверны до одной сотой линии» [99, с. 16] (1 парижская линия = 2,256 мм). Бессель усматривал в измерениях по методу Кэтера два источника ошибок: первый — острие опорной призмы не является прямой линией, а представляет собой близкую к цилиндрической неправильную поверхность большой кривизны, вследствие чего ось качаний перекачивается при колебаниях; второй — неполный и нестрогий учет влияния воздушной среды на колебания. Именно мало учитывать лишь потерю веса маятника в воздухе в соответствии с законом Архимеда и сопротивление воздушной среды при колебаниях, необходимо иметь в виду, что масса маятника увеличивается за счет массы увлекаемого им воздуха, что приводит к изменению периода колебаний.

И хотя Бессель отказался провести эксперименты по программе академии, сам предмет исследований так захватил его, что он решил заняться опытами самостоятельно. Обдумав проблему со всех сторон, Бессель принял решение использовать для измерения g_0 в Кенигсберге не оборотный маятник, а «классический» нитяной в виде груза на тонкой стальной струне. С нитяным маятником до Бесселя уже работали, например, Ш. Лакондамин во время Перуанского градусного измерения в 1735 г., Борда в 1792 г., Био, Араго и Матье в 1808—1818 гг. [195, с. 39]. Нитяной маятник обладал рядом достоинств: по конструкции он был наиболее близок к математическому маятнику;

его нить можно было сделать достаточно длинной без заметного увеличения веса, а следовательно, уменьшить относительные ошибки измерения длины. Однако гнутые нити у верхнего зажима вносило неопределенность в положение точки подвеса, а следовательно, в установление длины маятника. Именно из-за этого главного недостатка нитяной маятник был вытеснен оборотным.

Понадобилась вся изобретательность Бесселя, чтобы найти исключительно остроумный способ обойти это затруднение и дать новую жизнь нитяному маятнику. Идея Бесселя состояла в том, чтобы измерять не абсолютную длину маятника, а разность длин $l_1 - l_2$ двух маятников, для каждого из которых можно записать соотношения:

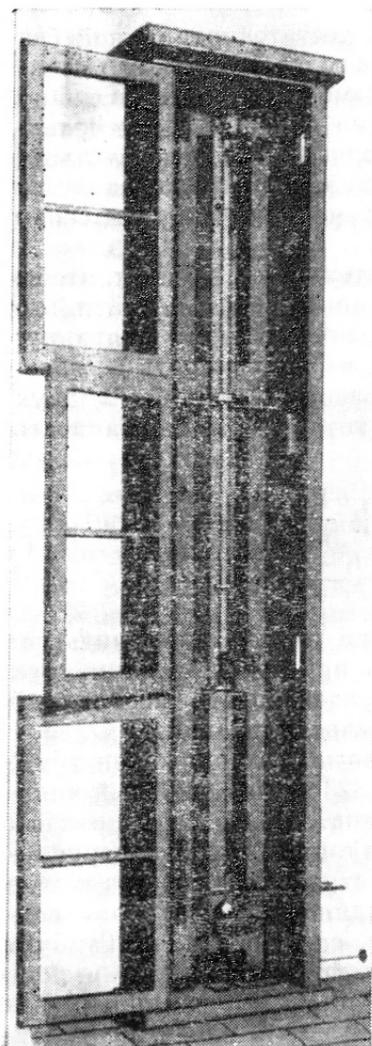
$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l_1}{g}}, \quad T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{l_2}{g}}, \quad \text{откуда следует:}$$

$$g = 4\pi^2 \frac{l_1 - l_2}{T_1^2 - T_2^2}.$$

Таким образом, из наблюдений нужно определить периоды колебаний и разность приведенных длин двух маятников. При этом неопределенность абсолютной длины нейтрализуется при вычитании длин.

Изложив Репсолду основные принципы конструкции, Бессель заказал ему в 1823 г. маятниковый аппарат. В 1825 г. прибор был готов. Он имел два нитяных маятника — латунные шары на тонкой стальной струне — с разностью длин в 1 туаз с устройством подвеса в виде тонкого горизонтального цилиндра, с которого свисала нить маятника. Бессель сам приехал в Гамбург за аппаратом и предварительно испытал его в доме Шумахера в Альтоне. В августе 1825 г. прибор был доставлен в Кенигсберг, где Бессель начал с ним интенсивные исследования.

За опытами внимательно следили Шумахер и Репсолд — первый как астроном и геодезист, второй как создатель маятникового аппарата. Все трое в то время были связаны оживленной перепиской. В одном из писем Бессель писал Шумахеру: «Вы, Репсолд и маятниковый аппарат составляете для меня единое целое, и я не могу думать об одном, не думая одновременно о другом» [150, с. 195]. Особый интерес Шумахера к опытам Бесселя объяснялся еще и тем, что с помощью Бесселева прибора он намеревался в будущем выпол-



Маятниковый аппарат
Бесселя

нить сравнение прусской и датской линейных мер. Бессель в своих опытах для точнейших измерений длины пользовался копией перуанского туаза, которая была собственностью Кенигсбергской обсерватории.

Результаты маятниковых исследований, законченных в 1827 г., были опубликованы Бесселем в следующем году в книге «Исследование длины простого секундного маятника» [36]. Бессель нашел, что для его обсерватории длина секундного маятника составляет 440,8147 линии (994,3898 мм). Редукция к уровню Балтийского моря, лежащего на 67,2 фута ниже высоты фундамента обсерватории, увеличенной на 1 фут (расстояние от фундамента до груза маятника), дает величину 440,8179 линии (994,3970 мм) [36, АЗ, с. 162]. Теперь, после исследований Бесселя, Кенигсберг мог служить исходным пунктом для относительных определений ускорения свободного падения, абсолютное значение которого, приведенное к уровню моря, составило 981,4304 см/с². Позже, в 1835 г., Бессель

повторил со своим аппаратом измерение длины секундного маятника для новой обсерватории в Берлине. Но его маятниковые исследования не ограничились только этой задачей.

Еще в Кенигсберге, закончив описанные выше опыты, Бессель применил свой аппарат для тонкого физиче-

ского эксперимента, целью которого была проверка принципиального положения Ньютоновой механики о пропорциональности веса тела его массе (т. е. тождественности инертной и гравитирующей масс). «Мы должны быть очень осторожны, прежде чем вносить поправки в столь простую систему, как ньютоновская, — писал Бессель в Петербург Ф. И. Шуберту в 1824 г., — но только мне кажется необходимым отделять в этой системе то, что в ней вполне прочно, от того, что могло бы быть иначе. К первому я отношу закон $1/r^2$; но m/r^2 может быть подвергнуто сомнению» [101, с. 798]. Сомнения Бесселя были вызваны «неправильностями» в движении Урана, подлинная причина которых — возмущения от неизвестной восьмой планеты — была достоверно установлена лишь два с лишним десятилетия спустя (см. гл. 9).

В 1828 г. Бессель осуществил серию экспериментов, которые должны были ответить на вопрос: зависит ли величина силы земного тяготения, действующей на тела одинаковых масс, от химического состава вещества этих тел? Такие же опыты с маятником и с той же целью проводил еще Ньютон, пришедший к выводу: «Для тел одинакового веса разность количеств вещества, даже меньшая одной тысячной доли полной массы, могла бы быть с ясностью обнаружена этими опытами» [203, с. 515].

Бессель измерял длину секундного маятника в серии идентичных опытов с грузами, сделанными из разных веществ: латуни трех сортов, железа, цинка, свинца, серебра, золота, мрамора, глины, кварца и даже из внеземного материала — двух видов метеоритного железа [45]. После Ньютона это была вторая попытка экспериментальной проверки тождественности инертной и тяготеющей масс, но точность измерений Бесселя была значительно выше Ньютоновой: ошибка в них не превышала одной шеститысячной доли массы. Вывод Бесселя был однозначен: «... новые опыты приводят к одной и той же длине простого маятника, которая зависит, таким образом, только от силы тяготения Земли, но не зависит от свойств притягиваемых к ней тел» [101, с. 830].

Физики и после Бесселя еще не раз возвращались к проверке принципа эквивалентности масс. По мере совершенствования средств исследований опыты возобновлялись, но результат оставался прежним. Так,

в 1909 г. венгерский физик Р. Этвеш с помощью изобретенных им крутильных весов подтвердил выводы Ньютона и Бесселя сериями опытов, точность которых достигла $5 \cdot 10^{-9}$. В 1964 г. американский физик Р. Дикке провел опыты с точностью до 10^{-11} в условиях глубокого вакуума и с использованием электронных средств измерений и пришел к выводу, что ускорения золота и алюминия могут отличаться не более чем на 6×10^{-12} см/с². Это равносильно изменению скорости на 6 мм/с за 3000 лет [182, с. 20]. В 1976 г. Дикке подтвердил принцип эквивалентности путем лазерной локации Луны. Подобные же работы проводились и советскими физиками, получившими в начале 70-х годов аналогичные результаты с точностью до $0,9 \cdot 10^{-12}$ [171]. Принцип эквивалентности, уверенность в неизблемости которого была очень важной в XIX в., приобрел еще большую значимость, когда А. Эйнштейн положил его в основу общей теории относительности.

В июне 1828 г. в Кенигсберг приехал Шумахер и забрал маятниковый аппарат в Данию, где использовал его для исследований соотношения между датской и прусской мерами длины. Летом 1830 г. там, в замке Гюльденштайн в Гольштинии, ему помогал Бессель.

Таким образом, Бесселев нитяной маятниковый аппарат для своего времени был наиболее точным прибором такого типа. Но столь хорошо зарекомендовавший себя в стационарных условиях, нитяной маятник из-за своей громоздкости (высота прибора свыше 3 м) не мог быть использован в экспедиционной обстановке. И Бессель поставил перед собой цель создать такой прибор, который был бы пригоден для работы в полевых условиях. Привлекательной представлялась идея обратного маятника, однако требование точного совмещения острий опорных призм с взаимными точками технически было трудно осуществимо: при подвижных призмах терялась жесткость конструкции; закрепленные же наглухо призмы не могли всегда совпадать с взаимными точками из-за температурных деформаций. Дополнительные грузики на подвесе маятника, которыми пользовался Кэтер, нарушали геометрическую симметрию маятника, и следовательно, влияние воздушной среды на колебания в двух положениях маятника было различным. В конце концов конструкторская мысль Бесселя нашла способы обойти эти трудности. Решение Бесселя

отличалось новизной и оригинальностью [92]. В его конструкции оборотного маятника не требовалось точное совпадение лезвий опорных призм с взаимными точками: достаточно было закрепить призмы наглухо вблизи этих точек. Расстояние между лезвиями тщательно измерялось в лабораторных условиях, после чего нужно было лишь следить за его постоянством. Вследствие несоответствия лезвий призм с взаимными точками периоды T_1 и T_2 колебаний на разных призмах не совпадают. Для расчета периода T , соответствующего приведенной длине маятника l , Бессель вывел формулу, носящую его имя:

$$T = \frac{a_1 T_1^2 - a_2 T_2^2}{a_1 - a_2},$$

где a_1 и a_2 — расстояния от центра тяжести маятника до первой и второй точек подвеса. Таким образом, для определения T непосредственно измерялись лишь периоды T_1 и T_2 , а эта операция вполне выполнима в экспедиционных условиях. Бесселева конструкция оборотного маятника обладала и еще одним важным достоинством: маятник с несимметричным распределением масс имел вполне симметричную конфигурацию, так как его чечевицы, изготовленные из материалов разных удельных весов, были одинаковы по форме. Эта особенность делала ненужной поправку за движение увлекаемого маятником воздуха. Преимущества оборотного маятника конструкции Бесселя были очевидны и обеспечили ему широкое распространение. В 60-е годы XIX в. фирма Репсоляда освоила выпуск Бесселевых маятниковых аппаратов, и они с успехом применялись в гравиметрических исследованиях вплоть до начала XX в.

В 1864 г. несколько таких приборов Репсольдун заказала Петербургская Академия наук, планировавшая первые в России абсолютные измерения силы тяжести вдоль дуги градусного измерения Теннера—Струве. Эти работы были выполнены экспедицией под руководством А. Н. Савича и Р. Э. Ленца.

Создание эталона линейной меры

Оба способа исследования фигуры Земли — геодезический и гравиметрический — самым существенным образом опираются на точное измерение длин: в первом

случае это измерение базиса, во втором — измерение длины маятника. По словам Бесселя, «научное измерение имеет свою важность только до тех пор, пока существует мера, служащая ему основанием» [99, с. 9], и мимо внимания ученого не могла пройти серьезная проблема определения единицы длины и осуществления ее эталона. Непосредственным поводом к работам Бесселя по этой проблеме явилось поручение в 1835 г. прусским правительством создать эталон линейной меры для королевства, соотнесенный с французским футом.

Бессель тщательно изучил историю метрологии в разных странах Европы, способы определения, изготовления и хранения эталонов мер и пришел к выводу о крайне неудовлетворительном состоянии метрологического дела. Мало того, что едва ли не каждое большое и малое государство имело свои особые меры, обычно не совпадавшие с мерами соседей, но и сами единицы меры зачастую попросту не имели строгого определения.

В то же время развитие промышленности и торговли, особенно международной, настоятельно требовало унифицирования системы мер. Попытка Французской революции ввести в Европе единую метрическую систему лишь частично привела к успеху.

Изучив проблему, Бессель не стал ратовать за ее немедленное радикальное решение, т. е. единовременное и повсеместное введение единой системы мер, — осуществление такого мероприятия в международном масштабе в обозримом будущем представлялось нереальным. «При выборе меры для всеобщего употребления не должно уничтожать существующей, — писал он, — и всего приличнее кажется оставлять ту, которая возшла уже в более обширное употребление» [99, с. 6].

В статье «О мере и весе вообще и о прусской линейной мере в особенности» [77] (русский перевод [99]) Бессель подробно анализирует идею так называемой естественной меры имеющей основание в физическом мире и поэтому не зависящей от человеческого произвола. Эта идея восходит к Хр. Гюйгенсу, предложившему в середине XVII в. принять в качестве линейной единицы длину секундного маятника. Гюйгенс исходил из предположения о постоянстве этой длины, по крайней мере для данного пункта земной поверхности.

Если бы эту идею можно было осуществить, то отпала бы необходимость в особом бережном хранении материального носителя единицы меры — его всегда можно было бы восстановить измерением длины секундного маятника. В этом случае потеря эталона не имела бы столь роковых последствий, какие наступили бы, если бы был утрачен, например, французский эталон — так называемый перуанский туаз, с помощью которого измерялись длины в знаменитом Перуанском градусном измерении 30-х годов XVIII в. Результаты дорогостоящей экспедиции были бы обесценены. Копией перуанского туаза пользовался и Бессель в своем градусном измерении.

Идея Гюйгенса нашла много приверженцев и даже рассматривалась во французском Конвенте в качестве альтернативы метрической системе. В конечном счете предпочтение было отдано метрической системе, впервые воплотившей идею естественной меры, и в этом выборе сыграло немаловажную роль то обстоятельство, что введение маятникового эталона требовало не только точных линейных измерений, но и измерений времени (длина и период), тогда как для определения метра как одной десятиmillionной части четверти парижского меридиана требовались лишь линейные измерения.

Всесторонне обсудив внешне привлекательную идею естественной меры, Бессель убедительно обосновал отсутствие в ней каких бы то ни было существенных преимуществ перед мерами иного, «искусственного» происхождения: «Если бы в природе существовало такое тело, которое всегда имело одну и ту же длину, то, конечно, при произволе в выборе меры оно принято было бы за меру длины. Если бы все три измерения этого тела были постоянно одинаковы, то оно представляло бы нам естественную меру объема. Наконец если бы оно имело всегда одну и ту же плотность, то могло бы служить естественною единицею веса. Однако ж в природе не существует такого тела, которое обладало бы не только всеми, но даже одним из этих трех свойств. Следовательно, мы и не имеем такого предмета, помощью которого можно было бы непосредственно измерять или взвешивать. Таким образом, если хотим непременно иметь естественную меру, то можем получить ее только посредством измерения предмета, от которого она должна быть заимствована. . . Помощью же измерения или наблюдения мы не узнаем

точно никакой величины, а только приближаемся к ней. Поэтому полученная таким образом естественная мера никогда не удовлетворит главному ее условию — не заключать в себе никакой неопределенности. . . Достигнуть естественной меры можно бы было только тогда, когда бы нашли способ получать посредством измерения вполне точные результаты; но такой способ не найдется никогда, потому что усовершенствование методов измерения способствует только большему приближению к точности, несовершенные же результаты, полученные при помощи чувств, оно не в состоянии довести до совершенства» [99, с. 14—16]. По мнению Бесселя, установить с требуемой для эталона точностью значение длины секундного маятника или заданной доли земного меридиана невозможно. Но этому препятствуют не только естественные ошибки измерений: длина секундного маятника зависит от целого ряда трудно-учитываемых физических факторов (сопротивление среды, влияние неправильностей формы острия подвеса и т. п.); длина четверти земного меридиана не является строго определенной величиной из-за недостаточной изученности фигуры Земли ³. Подобными же или иными дефектами, по мнению Бесселя, страдает и любая другая идея естественной меры.

Бессель приходит к выводу, что в принципе ни одна из существующих единиц меры не имеет каких-то решающих преимуществ перед другими и предпочтение при унифицировании системы мер должно быть отдано той из них, которая имеет наибольшее распространение. При этом общепринятая мера должна удовлетворять следующим трем условиям. Во-первых, она должна быть изготовлена с такой высокой тщательностью, чтобы ошибки, возникающие при измерении, могли происходить только вследствие несовершенства самого измерения, а не из-за неопределенности меры. Во-вторых, узаконенная мера должна надежно сохраняться — эталон ее должен быть механически прочным, должны

³ По результатам современных определений метр примерно на 0,2 мм короче одной сорокаmillionной доли длины парижского меридиана. Ныне идею естественной меры можно считать осуществленной средствами современной физики: с точностью, превышающей одну миллионную, длина метра равна 1 650 763,73 длины волны излучения в вакууме оранжевой спектральной линии изотопа криптона ⁸⁶Kr и может быть восстановлена в лаборатории [198, с. 14].

существовать достоверные копии, которые следует хранить в разных местах. В-третьих, вместе с назначением меры должны быть указаны по возможности простые способы получения с нее достаточного числа точных копий [99, с. 25—26].

Этими требованиями Бессель руководствовался, работая над созданием прусского эталона длины. До исследований Бесселя королевский указ 1816 г. предписывал считать прусский фут равным 139,13 французской линии. Механик Пистор изготовил образец этой меры в виде железного прута длиной, несколько превышавшей 3 фута, на котором тонкими рисками была отмечена 3-футовая длина. Бессель счел этот эталон совершенно неудовлетворительным как в отношении материала и профиля прута, так и в отношении способа фиксирования на нем единицы меры.

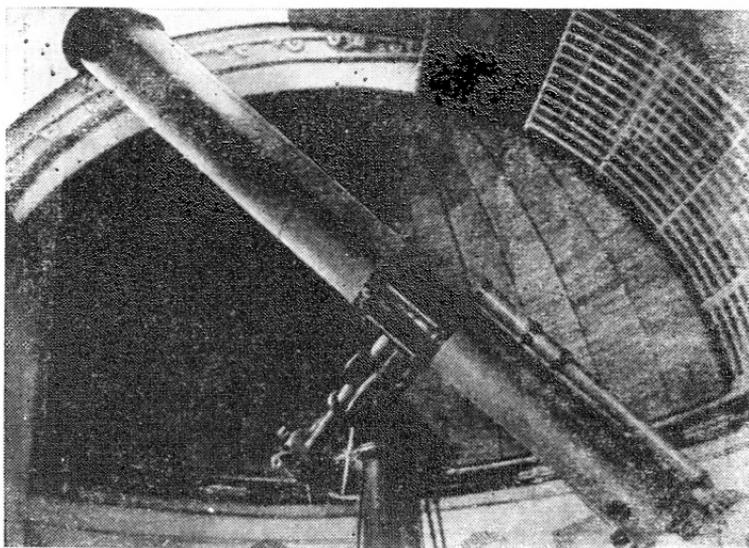
Выполнив летом 1835 г. в Берлине с помощью своего маятникового аппарата сравнение прусской и французской мер, Бессель предложил изготовить эталон длиной 3 фута из литой стали с квадратным профилем (сторона квадрата $\frac{3}{4}$ дюйма). Согнуть или повредить такой прут можно было, лишь приложив значительное усилие. Эталоном должна быть именно длина самого прута, а не расстояние между рисками на нем, которое подвержено изменениям даже при незначительных прогибах прута. Концы прута снабжены усеченными конусами из сапфира. Такой эталон длиной 417,39 французской линии был изготовлен по указаниям Бесселя берлинским механиком Бауманом и утвержден королевским указом от 10 марта 1839 г. в качестве прусской линейной меры. Образцом французской меры, с которой соотносилась прусская, служила копия перуанского туаза, выполненная Фортенем в Париже и принадлежавшая Кенигсбергской обсерватории. «Теперь я надеюсь, что впоследствии не будет уже никакой трудности удовлетворить столь долго чувствуемой потребности в верной линейной мере. Даже самое точное научное измерение, по крайней мере в настоящее время, может основываться на мере, которой самая большая неточность для трех футов состоит в двух десятитысячных долях линии или которой единица неверна менее, нежели на одну двухмиллионную линии» [99, с. 36], — с удовлетворением писал Бессель, завершив свою метрологическую работу.

Эпилог

Кенигсбергская обсерватория была в первой половине XIX в. одним из самых авторитетных астрономических центров Европы. Славу этому скромному научному учреждению принесли труды Бесселя — создателя обсерватории, ее первого директора, творца ее научных программ и главного наблюдателя. 33 года трудился Бессель в своей обсерватории, и трижды столько — 99 лет — она просуществовала после его кончины. И хотя после смерти Бесселя все здесь оставалось тем же — и инструменты, и условия для наблюдений, и библиотека, — но, лишенная главного — творческого гения великого астронома, обсерватория постепенно стала сдавать свои высокие научные позиции и слава ее начала клониться к закату.

В 1846 г. обсерваторию возглавил А. Л. Буш, остававшийся на директорском посту до своей смерти в 1855 г. 28 июля 1851 г. Бушу удалось впервые в истории астрономии получить фотографический снимок полного солнечного затмения. С 1855 г. обсерваторией управляли совместно М. Вихман и Э. Лютер. Последний, став в 1859 г. профессором астрономии в университете, с того же времени возглавил обсерваторию единолично. Позже — в 1888—1894 гг. — эти должности занимал Х. Ф. В. Петерс. В первые десятилетия после Бесселя в духе его традиций велись наблюдения на меридианном круге и гелиометре. Вместе с тем выделялись и новые самостоятельные программы — наблюдения малых планет и двойных звезд. Гелиометр использовался, кроме того, для измерения физических либраций Луны и ее диаметра, а также для определения селенографических координат ряда ее кратеров. Этими исследованиями занимался астроном И. Франц [149, с. 12].

При Х. Ф. В. Петерсе началось строительство большой башни для 10-дюймового рефрактора, продолженное и завершенное новым директором Г. О. Струве, внуком В. Я. Струве, прибывшим в Кенигсберг в 1895 г. из Пулкова. Г. О. Струве добился разрешения на при-



35-сантиметровый рефрактор Кенигсбергской обсерватории

обретение более солидного инструмента — 13-дюймового (35 см) рефрактора Репсольда с фокусом 5 м, который и был установлен в возведенной башне. В годы директорства Г. О. Струве (1895—1904) началась модернизация обсерватории: был перестроен меридианный зал, демонтирован устаревший меридианный круг Рейхенбаха, а на круге Репсольда впервые в астрономической практике был установлен безличный микрометр — приспособление, существенно снижавшее влияние личного уравнения.

В 1904—1919 гг. обсерваторию возглавлял Г. Баттерман, при котором продолжались работы по систематическим меридианным наблюдениям звезд, а на большом рефракторе были выполнены ряды наблюдений планеты Эрос, двойных звезд и покрытий звезд Луной [149, с. 13].

В последующие годы, когда обсерваторией управлял Э. Пшибыллок (с 1921 г.), 13-дюймовый рефрактор был модернизирован: параллельно с визуальной трубой была установлена новая фотографическая с 30-сантиметровым объективом. К этому времени отжил свой век и знаменитый Бесселев гелиометр: труба его



Кенигсбергская обсерватория в 30-е годы XX в.

была снята, а на его параллактической установке был смонтирован новый рефлектор с 25-сантиметровым зеркалом [149, с. 13].

Несмотря на частные нововведения, обсерватория нуждалась в коренной модернизации, однако в сложившихся условиях начинать ее было нецелесообразно. Построенная некогда на городской окраине, столетие спустя обсерватория оказалась окруженной большим городом. Огни порта, железнодорожных вокзалов, уличное освещение, дым предприятий лишили ее того благоприятного положения, в котором она находилась в первой половине XIX в. Эти обстоятельства также способствовали утрате Кенигсбергской обсерваторией ее былого научного значения.

Перед второй мировой войной фашисты превратили Восточную Пруссию с ее столицей Кенигсбергом в один из важнейших плацдармов нападения на соседние страны, прежде всего на Советский Союз. Но начавшийся отсюда в июне сорок первого «дранг нах остен» закончился в апреле сорок пятого полной и безоговорочной капитуляцией крепости первого класса — Кенигсберга. Взятию Кенигсберга советскими войсками предшествовали тяжелые бои зимой и весной 1945 г. Но еще

задолго до победного штурма старый культурный центр города был почти полностью разрушен двумя налетами английской авиации ночами с 26 на 27 и с 29 на 30 августа 1944 г. В результате бомбовых ударов тогда было уничтожено около 80 % университетских зданий и сооружений [243, с. 362]. Отказ немецкого командования от капитуляции, когда город был уже окружен частями Советской Армии и его падение фактически уже было предопределено, повлек за собой штурм этой крепости 6—9 апреля 1945 г. и новые разрушения.

Район астрономической обсерватории, располагавшийся у рубежа третьего, внутреннего пояса оборонительных сооружений, где шли ожесточенные бои, подвергся значительным разрушениям. Пожар уничтожил и здание обсерватории. По всей вероятности, в пламени погибли астрономические инструменты и библиотека. По свидетельству одного из участников боев, нашедшего среди развалин место бывшей обсерватории через несколько дней после штурма, здание было основательно разрушено, в его подвалах, затопленных водой, среди книг и разного хлама видны были тела убитых. Башня большого рефрактора была проломлена с восточной стороны, по-видимому, прямым попаданием снаряда, и в ней стоял искореженный, с расплавленным объективом телескоп.

О судьбе памятника Бесселю, стоявшего перед обсерваторией, достоверных сведений нет. По некоторым данным, бронзовый бюст астронома уцелел во время боевых действий, но был утрачен позже [239, с. 133]. Каменный постамент памятника простоял до конца 1974 г. Не удалось установить и участи могилы Бесселя на кладбище Нойроссгартер.

После разгрома фашистской Германии решением Берлинской (Потсдамской) конференции 1945 г. город Кенигсберг и прилегающий к нему район были переданы Советскому Союзу — таков один из итогов минувшей войны. Что представлял собою в то время город, разрушенный на 80—90 %, можно вообразить по свидетельству очевидца: «... Кенигсберг 1946 года. Странное щемящее чувство не оставляло меня, когда чуть не целый час трамвай шел, тащился среди сплошных, бесконечных развалин. Все, что виделось справа и слева, до самого горизонта, до зримого конца, было руинами. Я переходил от одного окна к другому, заглядывал назад, и все равно в поле зрения были



**Руины
Кенигсбергской
обсерватории
после второй
мировой войны**

**Разрушенный
меридианный зал
обсерватории**

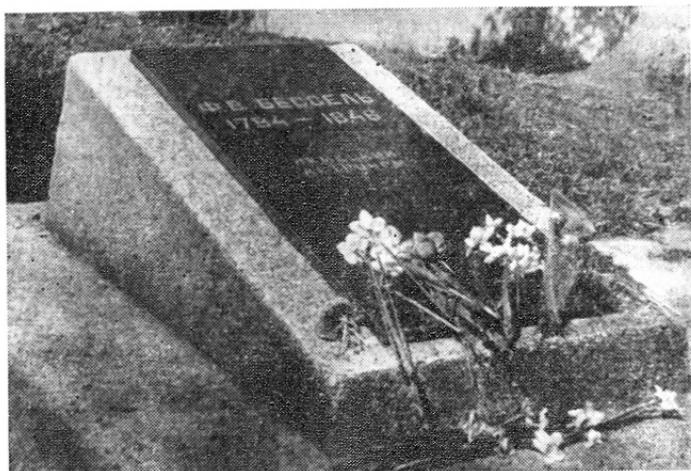


только груды исковерканных камней, железа и бетона. Будто кто-то взял и перепахал огромный город с его многовековой давности домами, дворцами, замками, казармами, дотами, деревьями — всем, что поднималось над землей и что не ушло в нее, не спряталось в глубине. . . И невольно закрадывалась в голову уже высказанная кем-то крамольная мысль: можно ли возродить город, да и стоит ли? И не лучше ли обнести все это гигантской стеной, чтобы время от времени возить сюда экскурсии претендентов на мировое господство: пусть посмотрят!..» [196, с. 65—66].

Но трудом советских людей город, переименованный в 1946 г. в Калининград, постепенно возрождался к жизни. Восстанавливались промышленность и транспорт, создавались первые школы и техникумы, в 1947 г. открыл свой первый сезон драматический театр, в 1948 г. объявил первый набор студентов педагогический институт. На руинах старого Кенигсберга поднимался советский город Калининград.

В сегодняшнем Калининграде уже не осталось следов войны, и только обелиски на братских могилах и имена павших, увековеченные в названиях городских улиц, напоминают о грозном и героическом военном времени. Названия улиц хранят память и о многих деятелях мировой и немецкой культуры: в городе есть улицы Коперника и Дарвина, Лобачевского и Нансена, Гюго и Шиллера, Генделя и Вагнера. Под охрану государства взято место захоронения великого Канта. Не забыто в Калининграде и имя Бесселя.

Калининградское отделение Всероссийского общества охраны памятников истории и культуры в начале 70-х годов выступило с ходатайством об увековечении в городе памяти Ф. В. Бесселя. Чтобы заручиться поддержкой этого предложения со стороны Главной Астрономической обсерватории АН СССР, автор встретился в июле 1974 г. в Пулковке со «старейшиной» советских астрономов академиком А. А. Михайловым. В Калининградский облисполком от имени Пулковской обсерватории было направлено письмо, подписанное А. А. Михайловым и директором обсерватории, членом-корреспондентом АН СССР В. А. Кратом. В письме, в частности, говорилось: «. . . советские астрономы и в их числе сотрудники Пулковской обсерватории считают, что память Бесселя следует соответствующим



Калининград
Мемориальная плита Ф. В. Бесселю
на бывшем обсерваторском холме

образом увековечить и в том городе, где он долго жил и столь плодотворно работал»¹.

В конце 1974—начале 1975 г. территория бывшего обсерваторского холма была приведена в порядок и благоустроена, а на том месте, где когда-то стоял памятник Бесселю, была установлена плита из черного мрамора с надписью

Ф. В. БЕССЕЛЬ
1784—1846
НЕМЕЦКИЙ АСТРОНОМ

Невдалеке от бывшей обсерватории, на Гвардейском проспекте, есть святое для каждого калининградца место — мемориал, сооруженный над братской могилой советских воинов, павших при штурме Кенигсберга. В светлый праздник — День Победы — туда идут десятки тысяч людей, чтобы поклониться памяти своих родных, близких, соотечественников, памяти всех, кто отдал свои жизни в смертельной схватке с фашизмом. Серые камни огромного мемориала сплошь покрываются весенними тюльпанами, и людскому потоку

¹ Письмо от 22 августа 1974 г. // ГАО АН СССР. Исх. № 11004—339.

нет конца до позднего вечера. И не было еще случая, чтобы в этот день не лежали цветы у находящейся в стороне от мемориала плиты с именем великого немца астронома Бесселя. В сознании людей ненависть к фашизму не заслоняет глубокого уважения к многовековой культуре немецкого народа.

В 1984 г. научная общественность нашей страны отмечала 200-летие со дня рождения Ф. В. Бесселя. В феврале в Москве состоялось посвященное этому юбилею расширенное заседание секций истории астрономии и истории математики Советского национального объединения истории и философии естествознания и техники (СНОИФЕТ). В заседании приняли участие историки науки из ряда городов, сотрудники Государственного Астрономического института им. П. К. Штернберга, Астросовета АН СССР, ЦНИИ геодезии, аэрофотосъемки и картографии, Института истории естествознания и техники АН СССР, члены Всесоюзного астрономо-геодезического общества (ВАГО), астрономическая и геодезическая общественность. Доклады о жизни и многогранной научной деятельности Бесселя сделали ученые из Москвы, Ленинграда, Вильнюса, Киева, Калининграда, Одессы². Библиотека ГАИШ организовала выставку трудов Бесселя, его писем и других материалов.

Приуроченный к юбилею Бесселя семинар был проведен в Вильнюсе Литовским объединением историков науки. В тематике докладов нашли, в частности, отражение научные связи Виленской университетской обсерватории с кенигсбергским астрономом.

Ленинградское отделение ВАГО провело в июне посвященное Бесселю собрание, на котором с докладами выступили историки науки и астрономы из Ленинграда, Киева, Калининграда.

Очень интересная по полноте, продуманности экспозиции и пояснительных текстов³ выставка была открыта с июня по ноябрь 1984 г. в Главной астрономической обсерватории АН СССР в Пулковке. Здесь были представлены многочисленные издания трудов Бесселя, оттиски статей с его автографами, фотографии связан-

² Отчет о заседании опубликован в Историко-астрономических исследованиях (1986. Вып. 18. С. 371—372).

³ Автор текстов — научный сотрудник обсерватории М. С. Чубей.

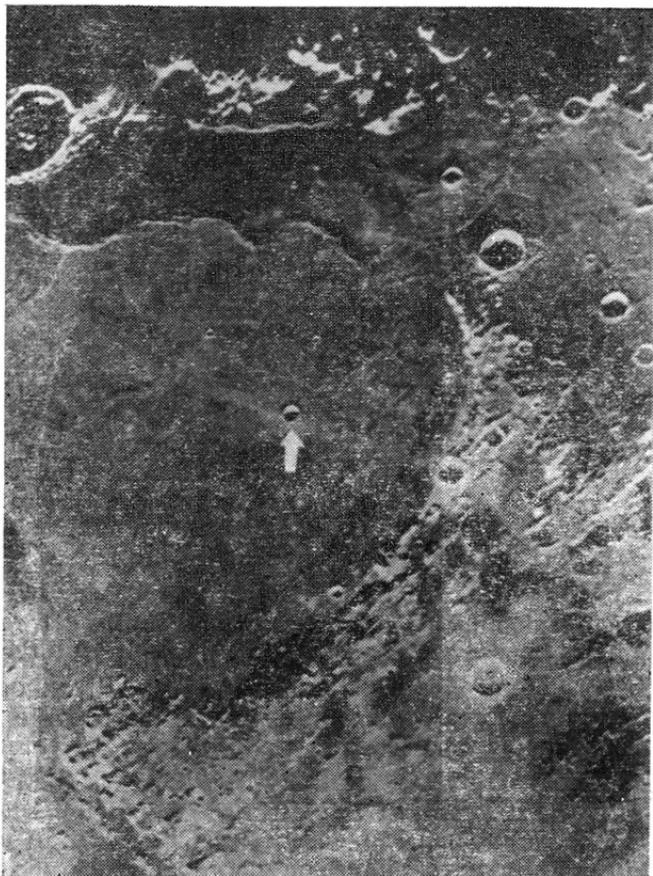


Барельефный
портрет Бесселя
в музее И. Канта
при Калининградском
университете
Работа скульптора
Н. Ф. Соловьева

ных с жизнью астронома мест в Кенингсберге и в Калининграде, фотокопии архивных документов, другие материалы. Украшением выставки стал подлинный прижизненный портрет Бесселя кисти Хр. Йенсена, хранящийся в Пулковке со времени основания обсерватории и заботливо отреставрированный к юбилею специалистами Государственного Эрмитажа⁴. 23 ноября в Пулковской обсерватории было проведено посвященное 200-летию Бесселя заседание Ученого совета, на котором с докладами выступили директор обсерватории В. К. Абалакин, а также А. А. Немиро, В. Н. Ихсанова и К. К. Лавринович.

День памяти великому ученому была отдана и в Калининграде. Год бесселевского юбилея здесь был отмечен семинаром, организованным Калининградским университетом совместно с Калининградским отделением Философского общества СССР. На семинар, состоявшийся 27 июня 1984 г. в актовом зале университета, были приглашены представители Пулковской обсерватории. Участники семинара осмотрели выставку материалов о Бесселе в университетском музее И. Канта. В постоянной экспозиции музея, открытого в 1974 г., среди барельефных портретов выдающихся деятелей немецкой культуры прошлого есть и скульптурное изображение Бесселя. Портрет выполнен калининградским скульптором Н. Ф. Соловьевым (1947—1977).

⁴ Краткое описание выставки, составленное М. С. Чубеем, опубликовано в Историко-астрономических исследованиях (1986. Вып. 18. С. 373—374).

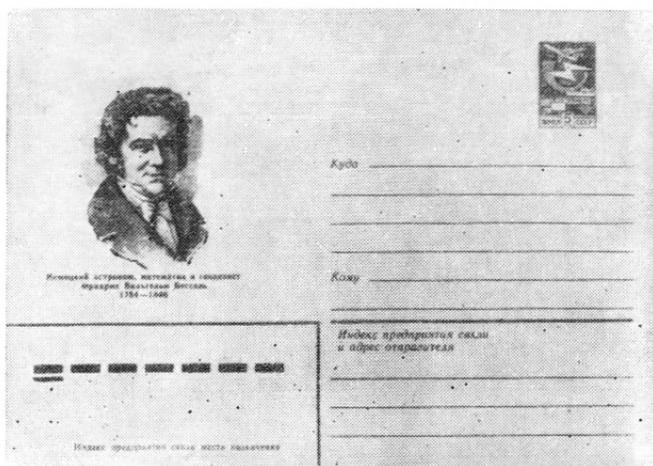


Кратер Бессель в море Ясности на поверхности Луны
Название введено в XIX в.
и утверждено Международным астрономическим союзом в 1932 г.

В издаваемом университетом «Кантовском сборнике» была помещена статья «Бессель, Кант и закон тяготения» [127]. Многотиражная газета «Калининградский университет» трижды в 1984 г. публиковала материалы о Бесселе ⁵.

Выставка книг и других материалов, связанных с Бесселем, экспонировалась также в Калининградском областном Историко-художественном музее. Здесь, в частности, были представлены старые книги из фон-

⁵ Калининградский университет. 1984. 13 февр.; 5 марта, 23 апр.



**Конверт, выпущенный Министерством связи СССР
к 200-летию Ф. В. Бесселя, 1984 г.**

дов музея, изданные при жизни астронома: Кенигсбергская адресная книга 1832 г. с адресом Бесселя — холм Буттерберг, обсерватория [229, с. 76, 79], типографские оттиски расписаний лекций в университете с именами К. Якоби и Бесселя.

Калининградский университет обратился к городским властям с ходатайством о восстановлении названия улицы, носившей до войны имя Бесселя, и о сооружении памятного знака на месте бывшей обсерватории. Это ходатайство было поддержано Астросоветом АН СССР, Главной Астрономической обсерваторией АН СССР, Центральным советом ВАГО. В письме директора Пулковской обсерватории В. К. Абалакина, с которым от имени ГАО он обратился в Калининградский горисполком, в частности, говорится: «... вышеупомянутые меры в юбилейный год Бесселя, по нашему мнению, будут своевременным и благородным актом нашего Отечества»⁶. В январе 1989 г. название «улица Бесселя» было восстановлено.

В год бесселевского юбилея Министерство связи СССР выпустило художественный конверт с портретом ученого. 200-летие Бесселя было широко отмечено и на его родине. В ГДР в свет вышла брошюра Ю. Га-

⁶ Письмо от 26 марта 1984 г. // ГАО. Исх. № 11222—501/9—2143.

меля «Фридрих Вильгельм Бессель» [143], были опубликованы статьи об астрономе в научных, научно-популярных и периодических изданиях, проведены научные семинары. Астрономическое общество ФРГ провело в 1984 г. свое ежегодное собрание в родном городе астронома Миндене. В ФРГ была выпущена почтовая марка с портретом Бесселя и с изображением графиков Бесселевых функций (см. с. 169).

Имя Ф. В. Бесселя живет в благодарной памяти сообщества ученых наших дней, и в будущие времена его не постигнет забвение.

Основные даты жизни и деятельности Ф. В. Бесселя

- 1784, 22 июля — родился в г. Миндене в Вестфалии.
- 1799 — приехал в г. Бремен, где поступил учеником в торговый дом Куленкампа.
- 1803 — первые астрономические наблюдения с самодельными инструментами (определение долготы Бремена).
- 1804 — выполнил свою первую научную работу: вычисление элементов орбиты кометы Галлея. Познакомился с Г. В. Ольберсом. Первая научная публикация.
- 1806, 19 марта — переехал из Бремена в Лилиенталь в обсерваторию И. И. Шретера. Начало профессиональных занятий астрономией.
- 1807 — начал обработку гринвичских наблюдений Дж. Брадлея. Лично познакомился с К. Ф. Гауссом в доме Ольберса.
- 1810, 11 мая — приехал в Кенигсберг, где организовал строительство обсерватории и занял профессорскую должность в университете.
- 1812 — женился на Иоганне Гаген.
- 1813, 12 ноября — первые наблюдения в новой обсерватории в Кенигсберге.
- 1814 — избран почетным иностранным членом Петербургской Академии наук. Родился сын Вильгельм. Личное знакомство с В. Я. Струве.
- 1815 — вышел в свет 1-й том «Наблюдений Кенигсбергской обсерватории».
- 1818 — издана одна из самых значительных работ Бесселя — «Основания астрономии».
- 1819 — первая поездка на родину из Кенигсберга. Установка меридианного круга Рейхенбаха.
- 1821 — начало зонных наблюдений.
- 1823 — высказал предположение о существовании неизвестной планеты за Ураном.
- 1824 — ввел в небесную механику цилиндрические функции, изучил их свойства и составил таблицы.
- 1828 — изданы результаты исследования длины секундного маятника для Кенигсбергской обсерватории.
- 1829 — в обсерватории установлен гелиометр Фраунгофера.
- 1830 — изданы «Кенигсбергские таблицы» — первый в астрономии фундаментальный каталог 38 звезд. Изложена в окончательном виде Бесселева теория редукиций.
- 1831 — начало градусного измерения.
- 1833 — закончены зонные наблюдения звезд до 9-й величины в полосе склонений от -15° до $+45^\circ$.
- 1836 — заложены основы физической теории комет; окончание полевых работ по градусному измерению.
- 1837 — первоначальный вывод элементов земного эллипсоида.
- 1838 — измерение параллакса звезды 61 Лебедя. Составлен подробный план поисков неизвестной планеты за Ураном.

- Издана книга «Градусное измерение в Восточной Пруссии». Последняя встреча с В. Я. Струве.
- 1839 — опубликованы результаты исследований о прусской мере длины. Датским художником Хр. Йенсенем написан в Альтоне по заказу Пулковской обсерватории ставший широко известным портрет Бесселя. Последняя встреча с Г. В. Ольберсом в Бремене.
- 1840 — закончена вторая серия измерений параллакса звезды 61 Лебедя. Смерть сына Вильгельма.
- 1841 — опубликованы уточненные элементы земного эллипсоида, выведенные после устранения ошибки во французском градусном измерении. Установка в обсерватории меридианного круга Репсольда (ноябрь).
- 1842 — последняя встреча с К. Ф. Гауссом в Геттингене. Поездка в Англию и во Францию.
- 1843 — начало раковой болезни.
- 1844 — предположение о реальности явления колебаний полюса мира (географической широты). Высказано подкрепленное математическим расчетом предположение о существовании невидимых спутников Сириуса и Проциона. Выполнил последние наблюдения на меридианном круге.
- 1845 — год тяжелой болезни.
- 1846 — 22 февраля — последнее собственноручно написанное письмо (Г. Х. Шумахеру). 7 марта продиктовал последнее письмо в «Астрономические известия». 17 марта около 6 ч 30 мин пополудни умер в Кенигсберге. Похоронен на кладбище Нойроссгартер.

Библиография

Прилагаемая библиография включает три раздела: произведения и письма Бесселя, литература о нем и другие дополнительные источники.

Исчерпывающего списка научных трудов Бесселя до сих пор не существует. Объясняется это тем, что огромное научное наследие ученого состоит не только из опубликованных при его жизни трудов, но и из неиздававшихся рукописей и сотен писем многочисленным корреспондентам астронома. Едва ли не каждое из бесселевских писем ученым-современникам могло стать основой для научной статьи, но далеко не все эти письма сохранились, учтены и тем более изданы. Известная нам опубликованная научная переписка Бесселя включена в список его работ. Наиболее обширные списки трудов Бесселя публиковались трижды: в 1848 г. в 24-м томе «Наблюдений Кенигсбергской обсерватории» [154], в 1849 г. отдельной брошюрой (список из 389 наименований, составленный А. Л. Бушем) [155], затем в изданном Р. Энгельманом в 1875—1876 гг. трехтомном собрании сочинений Бесселя. Список Энгельмана, наиболее полный, состоит из 487 наименований: 401 — непосредственно Бесселя, 24 — работы других авторов, основанные на методах, формулах или наблюдениях Бесселя, 62 — извлечения из бесселевских работ или их переводы на другие языки. Трехтомник Энгельмана доныне остается наиболее представительным изданием трудов Бесселя, хотя в него включены (часто с сокращениями) лишь 185 работ астронома и 7 дополнений, которые в известной мере условно распределены издателем по следующим разделам:

1. Движение тел Солнечной системы	23 наименования	} 1 том
2. Сферическая астрономия	28 »	
3. Теория инструментов	26 »	} 2 том
4. Звездная астрономия	31 »	
5. Математика	20 »	
6. Геодезия	11 »	} 3 том
7. Физика	17 »	
8. Разное	36 »	
Итого	192 наименования	

Научным работам Бесселя в трехтомнике предпосланы его «Воспоминания» (с. XI—XXXI), упомянутый список сочинений приложен к третьему тому (с. 490—504). «Воспоминания» Бесселя включены также в изданную в 1852 г. его переписку с Ольберсом [94, с. IX—XXX] и в статью И. А. Репольда [150, с. 161—177].

Воспроизвести полностью в нашей работе составленный Энгельманом список трудов Бесселя не представляется возможным, поэтому приведенная ниже библиография содержит лишь самые значительные труды (хотя здесь критерии отбора весьма ус-

ловны), а также те работы, на которые есть ссылки в тексте. Предлагаемый список (98 наименований) составляет лишь около четверти общего числа трудов астронома, которые даны в той же последовательности, что и в списке Энгельмана.

Затем в алфавитном порядке даны литература о Бесселе и другие источники.

Приняты следующие сокращения:

AN	— Astronomische Nachrichten, herausgegeben von Schumacher
BA	— Abhandlungen der Berliner Akademie der Wissenschaften. Mathem. Classe
BF	— Férussac, Bulletin des Sciences mathématiques etc.
BJ	— Bode, Astronomisches Jahrbuch
CR	— Comptes rendus
J. f. w. Kr.	— Jahrbücher für wissenschaftliche Kritik
JL	— Jenaer Allgemeine Literaturzeitung
КАВ	— Astronomische Beobachtungen auf der Königlichen Universitäts—Sternwarte in Königsberg
К. Ар.	— Königsberger Archiv für Naturwissenschaft und Mathematik
КАЗ	— Königsberger Allgemeine Zeitung
МС	— Monatliche Correspondenz von Zsch
MN	— Monthly Notices of the Royal Astronomical Society
ЖМНП	— Журнал Министерства народного просвещения
ИАИ	— Историко-астрономические исследования
ИМИ	— Историко-математические исследования

*Избранные труды и переписка Ф. В. Бесселя*¹

- 1 (1). Berechnung der Harriot'schen und Torporley'schen Beobachtungen des Cometen von 1607 (1) // МС. 1804. Bd. 10. S. 425.
- 2 (14). Ueber die Figur des Saturns, mit Rücksicht auf die Attraction seiner Ringe (154) // МС. 1807. Bd. 15. S. 239.
- 3 (40). Ueber die Parallaxen einiger Fixsterne aus Bradley'schen Beobachtungen (78) // МС. 1908. Bd. 19. S. 183.
- 4 (81). Untersuchung der durch das Integral $\int dx/\log x$ ausgedrückten transcendenten Function (108) // К. Ар. 1812. Bd. 1. S. 1.
- 5 (82). Untersuchungen über den Planeten Saturn, seinen Ring und seinen 4. Trabanten (17) // К. Ар. 1812. Bd. 2. S. 113.
- 6 (83). Ueber die Theorie der Zahlenfacultäten (109) // К. Ар. 1812. Bd. 3. S. 241.
- 7 (84). Einige Resultate Bradley's Beobachtungen (28) // К. Ар. 1812. Bd. 4. S. 369.
- 8 (92). Kurze Beschreibung der Königsberger Sternwarte (157) // МС. 1813. Bd. 28. S. 475.

¹ Большинство приведенных ниже работ Бесселя включены в трехтомное лейпцигское издание Энгельмана: Abhandlungen von F. W. Bessel: In 3 Bd. / Hrsg. R. Engelmann. Leipzig: Engelmann, 1875—1876. Bd. 1. 346, XXIV S.; Bd. 2. 404 S.; Bd. 3. 504, VIII S.

В скобках после порядкового номера дан номер работы по списку Энгельмана; после названия работы — ее порядковый номер в указанном трехтомнике.

- 9 (96). Recension der physikalischen und nautischen Abth. in «Reise um die Welt in den Jahren 1803.4.5.6 auf Befehl S. K. M. Alexander des Ersten, auf den Schiffen Nadesda und Neva unter dem Commando des Capitäns A. F. von Krusenstern. III. Th. St. Petersburg (Berlin), 1812» // JL. 1814. N 231. S. 409.
- 10 (106). KAB in den Jahren 1813 und 1814. 1. Abth. Königsberg, 1815 (Beschreibung der Sternwarte (vgl. 157); über das Dollond'sche Mittagsfern. u. d. Cary'schen Kreis (60)).
- 11 (116). KAB in 1815. 2. Abth. Königsberg, 1816 (Königsberger Meridianzeichen, Correction der Culminationszeiten (61), über die Parallaxe von β Cygni und μ Cassiop., (82)).
- 12 (121). KAB in 1816. 3. Abth. Königsberg, 1817 (Neue Prüfung des Cary'schen Kreises (74); zur Parallaxe v. β Cygni und μ Cassiop. (82b); Reduction von Circummeridianhöhen des Mondes (169)).
- 13 (125). Analytische Auflösung der Kepler'schen Aufgabe (8) // BA (1816—1817). 1818. S. 49.
- 14 (130). Fundamenta Astronomiae pro anno MDCCLV deducte ex observationibus viri incomparabilis James Bradley in Specula astronomica Grenovicensi. Per Annos 1750—1762 institutis. Regiomonti: Nicolovius, 1818. 325 p.
- 15 (131). KAB in 1817. 4. Abth. Königsberg, 1818 (Polhöhe von Königsberg).
- 16 (138). Ueber den Reichenbach'schen Meridiankreis und die Repsold'sche Uhr der Königsberger Sternwarte (62) // BJ für 1823. 1820. S. 161.
- 17 (139). KAB in 1818. 5. Abth. Königsberg, 1820 (Fehler des Objectivmikrometers des Dollond'schen Aequat. (75); AReN der Fundamentalsterne für 1815 (86); Polhöhe von Königsberg (vgl. 91); Verzeichniss von 67 Sternen).
- 18 (143). Ueber die Entwickelung der Functionen zweier Winkel u und u' in Reihen, welche nach den Cosinussen und Sinussen der Vielfachen von u und u' fortgehen (117) // BA (1820—1821). 1821. S. 55.
- 19 (148). Ueber Berechnung geodätischer Vermessungen (125) // AN. 1821. Bd. 1, N 3. S. 33.
- 20 (150). KAB in 1819 und 1820. 6. Abth. Königsberg, 1821 (Untersuchung des Reichenbach'schen Meridiankreises (62)).
- 21 (151). Berechnung eines Dreiecks, dessen Seiten geodätische Linien sind (126) // AN. 1822. Bd. 1, N 16. S. 241.
- 22 (156). Ueber die Berechnung von Zonenbeobachtungen (93) // AN. 1822. Bd. 1, N 18. S. 273.
- 23 (163). KAB in 1821. 7. Abth. Königsberg, 1822 (Untersuchung der Declinationen des Reichenbach'schen Merid. Kreis (vgl. 88)).
- 24 (176). KAB in 1822. 8. Abth. Königsberg, 1823 (Persönl. Gleichung (161); Strahlenbrechung am Horizont (vgl. 30, 33, 34)).
- 25 (177). Die Königl. Universitäts — Sternwarte in Königsberg (vgl. 157) // Beitrage zur Kunde Preuss. 1824. Bd. 6.
- 26 (179). Untersuchung des Theils der planetarischen Störungen, welcher aus der Bewegung der Sonne entsteht (16) // BA (1824). 1824. S. 1.
- 27 (180). Ueber die Bestimmung der Polhöhenunterschiede durch

- das Passageninstrument (48, vgl. auch 64) // AN. 1824. Bd. 3, N 49. S. 9.
- 28 (191). Eine neue Methode, die Biegung der Fernröhre astronomischer zu bestimmen (63) // AN. 1824. Bd. 3, N 61. S. 209.
- 29 (193). Ueber eine specielle Karte einer Himmelsgegend (19 Uhr der Berliner akad. Sternkarten (93)) // BJ für 1827. 1824. S. 194.
- 30 (196). KAB in 1823. 9. Abth. Königsberg, 1824.
- 31 (202). Neuester Fundamentalcatalog der 36 Sterne in AR (89) // AN. 1825. Bd. 4, N 78. S. 97.
- 32 (205). Ueber die Berechnung der geographischen Längen und Breiten aus geodätischen Vermessungen (127) // AN. 1825. Bd. 4, N 86. S. 241.
- 33 (208). Verzeichniss von 257 auf der Königsb. Sternwarte beobachteten Doppelsternen (100) // AN. 1825. Bd. 4, N 88. S. 301.
- 34 (209). KAB in 1824. 10. Abth. Königsberg, 1825 (Methode zur Bestimmung der Biegung (63); ARen der Fundam. — Sterne für 1825 (89); über die Königsb. Zonen (94, 98, 99); Doppelsternverz. (100)).
- 35 (218). KAB in 1825. 11. Abth. Königsberg, 1826 (Persönl. Gleichung (161), Nachtrag).
- 36 (219). Untersuchungen über die Länge des einfachen Secundenpendels. B., 1828 (137).
- 37 (222). KAB in 1826. 12. Abth. Königsberg, 1828 (Reduction beob. Barometerhöhen (143)).
- 38 (233). KAB in 1827. 13. Abth. Königsberg, 1828.
- 39 (234). Beiträge zur Theorie der Finsternisse und den Berechnungsmethoden ders. (vgl. 169) // AN. 1829. Bd. 7, N 151/152. S. 121.
- 40 (235). Bemerkungen über die Königsberger Zonen-Beobachtungen (98) // AN. 1829. Bd. 7, N 163. S. 369.
- 41 (239). KAB in 1828. 14. Abth. Königsberg, 1829 (Fehler der Zonenbeob.).
- 42 (247). Vorläufige Nachricht von einem auf der Königsberger Sternwarte befindlichen grossen Heliometer (68) // AN. 1830. Bd. 8, N 189. S. 397.
- 43 (248). Tabulae Regiomontanae reductionum observationum astronomicarum ab anno 1750 usque ad annum 1850 computatae. Regiomonti: Pruss, 1830. 542 p.
- 44 (249). Nachricht von der Vereinigung der beiden Russischen sich über acht Grade der Breite ausdehnenden Gradmessungen (Mitgetheilt von Struve) (vgl. 135, Vorwort) // AN. 1831. Bd. 10, N 236. S. 325.
- 45 (250). Versuche über die Kraft, mit welcher die Erde Körper von versuchiedener Beschaffenheit anzieht (vgl. 139) // BA (1830). 1831. S. 41.
- 46 (259). KAB in 1829. 15. Abth. Königsberg, 1831 (Heliometer, vgl. 68, 70, 71).
- 47 (261). Erman's Reise in Sibirien und Kamtschatka (183) // Preuss. Ostsee-BI. 1832. Bd. 31. S. 146.
- 48 (271). Beobachtung der gegenseitigen Stellungen von 38 Doppelsternen (104) // BA (1833). 1833. S. 41.
- 49 (274). KAB in 1830. 16. Abth. Königsberg, 1833.
- 50 (275). Betrachtungen über die Methode der Vervielfältigung der Beobachtungen (163) // AN. 1834. Bd. 11, N 256. S. 269.

- 51 (277). Bemerkungen über angenommene Atmosphäre des Mondes (144) // AN. 1834. Bd. 11, N 263. S. 411.
- 52 (279). Ueber den Halley'schen Cometen: (Vorlesung vor einem Kreise von Freunden) // Schumach. Jahrb. f. 1836. 1834. S. 48.
- 53 (282). Ueber die scheinbare Figur einer unvollständig erleuchteten Scheibe (51) // AN. 1835. Bd. 12, N 277/278. S. 201.
- 54 (287). Beob. des Halley'schen Cometen: (Bemerkung über die Encke'sche Widerstandshypothese (14 Anm.)) // AN. 1835. Bd. 13, N 289, S. 3, 9.
- 55 (290). Bestimmung der Länge des einfachen Sekundenpendels für Berlin // BA (1835). 1835. S. 161.
- 56 (291). KAB in 1831. 17. Abth. Königsberg, 1835 (vgl. 70, 71).
- 57 (292). Von den Erscheinungen, welche der Halley'sche Comet gezeigt hat: (Vorlesung in der physik.-ökonom. Gesellschaft zu Königsberg (vgl. 13. 14) // Schumach. Jahrb. f. 1837. 1836. S. 142.
- 58 (293). Beobachtungen über die physische Beschaffenheit des Halley'schen Cometen und dadurch veranlasste Bemerkungen (13) // AN. 1836. Bd. 13, N 300/302. S. 185.
- 59 (301). KAB in 1832. 18. Abth. Königsberg, 1836 (Persönliche Gleichung, (161) Nachtrag).
- 60 (305). Ueber den Einfluss der Unregelmässigkeiten der Figur der Erde auf geodätische Arbeiten und ihre Vergleichung mit den astronomischen Bestimmungen (130) // AN. 1837. Bd. 14, N 329/331.
- 61 (306). Bestimmung der Axen des elliptischen Rotationssphäroids, welches den vorhandenen Messungen von Meridianbögen der Erde am meisten entspricht (131) // AN. 1837. Bd. 14, N 333. S. 333.
- 62 (309). Recension: «Stellarum duplicium et multiplicium Mensurae micrometricae in Specula Dorpatensi institutae. Auctore F. G. W. Struve. Petropoli, 1837» // J. f. w. Kr. 1837. Bd. 2, N 78/80. S. 619.
- 63 (317). Untersuchungen über die Wahrscheinlichkeit der Beobachtungsfehler (119) // AN. 1838. Bd. 15, N 358/359. S. 369.
- 64 (318). Über die Summation der Progressionen (120) // AN. 1838. Bd. 16, N 361. S. 1.
- 65 (318*). On the Parallax of 61 Cygni (Letter to Sir J. Herschel) // MN. 1838. Vol. 4. P. 152.
- 66 (319). Messung der Entfernung des 61. Sterns in Sternbilde des Schwans: (Vorlesung in der physik.-ökonom. Gesellschaft zu Königsberg 2. Nov. 1838) (vgl. 83, 84) // Schumach. Jahrb. f. 1839. 1838. S. 1.
- 67 (321). Bestimmung der Entfernung des 61. Sterns des Schwans (83) // AN. 1838. Bd. 16, N 365/366. S. 65.
- 68 (322). Gradmessung in Ostpreussen und ihre Verbindung mit preussischen und russischen Dreiecksketten, ausgeführt von Bessel und Bayer. B., 1838 (135).
- 69 (323). KAB in 1833. 19. Abth. Königsberg, 1838.
- 70 (326). Ueber den Ausdruck einer Function φx durch Cosinusse und Sinusse der Vielfachen von X (121) // AN. 1839. Bd. 16, N 374. S. 229.
- 71 (327). Ueber die Bestimmung der Libration des Mondes durch Beobachtungen (164) // AN. 1839. Bd. 16, N 376/377. S. 257.
- 72 (328). Ueber Sternschnuppen (165) // AN. 1839. Bd. 16, N 380/381. S. 321.

- 73 (334). Darstellung der Untersuchungen und Maassregeln, welche in den Jahren 1835 bis 1838 durch die Einheit des Preussischen Längemaasses veranlasst worden sind. B., 1839 (Beilage 1 (151)).
- 74 (336). Ein Hilfsmittel zur Erleichterung der Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate (122) // AN. 1840. Bd. 17, N 399. S. 225.
- 75 (337). Fernere Nachricht von der Bestimmung der Entfernung des 61. Sternes des Schwans (84) // AN. 1840. Bd. 17, N 401/402. S. 257.
- 76 (341). Neue Formeln von Jacobi, für einen Fall der Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate (123) // AN. 1840. Bd. 17, N 404. S. 305.
- 77 (344). Ueber Maass und Gewicht in Allgemeinen und das preussische Längenmass insbesondere (vgl. 150) // Schumach. Jahrb. f. 1840. S. 1.
- 78 (345). KAB in 1834. 20. Abth. Königsberg, 1840.
- 79 (348). Recherches sur les satellites et sur la masse de Jupiter (Lettre à M. de Humboldt) (vgl. 168) // CR (1841). 1841. 2^e Semestre. P. 58.
- 80 (349). Ueber einem Fehler in der Berechnung der französischen Gradmessung und seinem Einfluss auf die Bestimmung der Figur der Erde (134) // AN. 1841. Bd. 19, N 438. S. 97.
- 81 (350). Astronomische Untersuchungen. 1. Bd. Königsberg, 1841. VI. 313 S. (I. Theorie eines mit einem Heliometer versehenen Aequatorealinstruments (70); II. Besondere Untersuchung des Heliometers der Königsberger Sternwarte (Auszug 71); III. Einfluss der Strahlenbrechung auf Mikrometerbeob. (Auszug 167); IV. Einfluss der Präcession, Nutation und Aberration auf die Resultate mikrometrischer Messungen (46); V. Beob. verschiedener Sterne der Plejaden (104); VI. Ueber die scheinb. Figur einer unvollständig erleuchteten Planetenscheibe (51); VII. Beob. der gegenseitigen Stellungen von 38 Doppelsternen (Auszug 101); VIII. Ueber den Doppelstern ρ Ophiuchi (103)).
- 82 (353). Ueber den Magnetismus der Erde // Schumach. Jahrb. f. 1843. 1842. S. 1.
- 83 (354). On the astronomical clock: (In dem Meeting der British Association zu Manchester gelesen) // Brit. Assoc. Rep. 1842. Not. 1.
- 84 (356). Astronomische Untersuchungen. 2. Bd. Königsberg, 1842. VI. 307 S. (IX. Bestimmung der Masse des Jupiter (Auszug 168); X. Analyse der Finsternisse (169); XI. Ein Hilfsmittel zur Erleichterung der Beob. der Sonnenfinsternisse und Sternbedeckungen (170); XII. Beob. des Durchgangs des Mercur durch die Sonne, am 4./5. Mai, 1832 (Auszug 171); XIII. Beob. der Sonnenfinsterniss vom 15. Mai 1836; XIV. Neue Berechnungsart für die Methode der Entfernungen des Mondes von anderen Himmels Körpern (172)).
- 85 (371). Ueber die Veränderlichkeit der eigenen Bewegungen der Fixsterne (105) // AN. 1844. Bd. 22, N 514/516. S. 145.
- 86 (374). Ueber Olbers (182) // AN. 1844. Bd. 22, N 521. S. 265.
- 87 (375). KAB in 1835. 21. Abth. Königsberg, 1844.
- 88 (378). Uebervölkerung. Aufsatz darüber (184) // KAZ. 1845. N 40. S. 187.
- 89 (383). Ueber Westphalen's Arbeit über den Halley'schen Co-

- meten: (Letzter Brief on Schumacher) // AN. 1846. Bd. 24, N 573. S. 333.
- 90 (385). Populäre Vorlesungen über wissenschaftliche Gegenstände von F. W. Bessel. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben von H. S. Schumacher. Hamburg, 1848.
- 91 (386). Theorie des Saturnsystems (22) // AN. 1848. Bd. 28, N 649 u. fl. 1.
- 92 (387). Construction eines symmetrisch geformten Pendels mit reciproken Axen (140) // AN. 1849. Bd. 30, N 697. S. 1.
- 93 (389). Methode der Berechnung geodätischer Vermessungen (mitgeth. von Rosenberger) (129) // AN. 1827. Bd. 6, N 121. S. 1.
94. Briefwechsel zwischen W. Olbers und F. W. Bessel: In 2 Bd. / A. Erman. Leipzig, 1852.
95. Drei nachträgliche aufgefundene Briefe von Bessel an Olbers aus d. Jahre 1812. B., 1909.
96. Briefwechsel zwischen Gauss und Bessel. Leipzig, 1880. 597 S.
97. Unbekannte Briefe von C. F. Gauss und Fr. W. Bessel / Mitgeteilt von E. Schoenberg, A. Perlick. München: Bayer. Akad. Wiss., 1955. 58 S.
98. Briefwechsel zwischen Bessel und Steinheil. Leipzig, 1913. 249 S.

Работы и письма Ф. В. Бесселя, изданные на русском языке

99. Популярные чтения о научных предметах. М.: Тип. Э. Барфкнехта, 1859. 64 с.
100. О вычислении долгот и широт при геодезических измерениях // Геодезические исследования Гаусса, Бесселя и Ганзена / Изд. и пер. А. Тилло. СПб., 1866. С. 25—40.
101. Письма П. С. Лапласа, К. Ф. Гаусса, Ф. В. Бесселя и других к академику Ф. И. Шуберту // Научное наследство. Естественнонауч. сер. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. Т. 1. С. 778—822.
102. О вычислении геодезических измерений // Бессель Ф. В. Высшая геодезия и способ наименьших квадратов / Под ред., с введ. и примеч. Г. В. Багратуни; Пер. с нем. Н. Ф. Булаевского². М.: Геодезиздат, 1961. С. 23—26.
- 103 (151). Вычисление треугольника, стороны которого геодезические линии (126) // Там же. С. 27—29.
- 104 (205). О вычислении географических долгот и широт по геодезическим измерениям (127) // Там же. С. 30—42.
- 105 (305). О влиянии неправильной фигуры Земли на геодезические работы и сравнение последних с астрономическими определениями. (130) // Там же. С. 43—82.
- 106 (306). Определение осей эллиптического сфероида вращения, лучше всего соответствующего существующим в настоящее время измерениям дуг меридианов Земли. (131) // Там же. С. 83—98.
- 107 (322). Градусное измерение в Восточной Пруссии и соединение его с прусской и русской триангуляцией (135) // Там же. С. 99—186.
- 108 (151). Влияние силы тяжести на фигуру жезла, лежащего на двух точках, расположенных на одинаковой высоте (151) // Там же. С. 187—199.

² Переводы даны с сокращениями.

- 109 (275). Некоторые соображения по поводу наблюдений способом повторений (163) // Там же. С. 200—218.
- 110 (176). Личное уравнение при наблюдениях прохождений звезд (164) // Там же. С. 219—225.
- 111 (317). Исследование о вероятности ошибок наблюдений (119) // Там же. С. 226—258.
- 112 (336). Вспомогательное средство для облегчения вычислений по способу наименьших квадратов (122) // Там же. С. 259—263.
- 113 (344). Новые формулы, предложенные Якоби для одного случая применения способа наименьших квадратов (123) // Там же. С. 264—266.
- 114 (389). Способ Бесселя вычисления геодезических измерений. (Сообщен Розенбергером) (129) // Там же. С. 267—271.
- 115 (205). Таблицы Бесселя для вычисления геодезических координат (127) // Там же. С. 272—278.
116. Письмо Бесселя К. И. Теннеру от 5 февраля 1831 г. и его «Записка о соединении обоих Русских градусных измерений. . .» // Василий Яковлевич Струве: Сб. ст. и материалов к 100-летию со дня смерти. М.: Наука, 1964. С. 192—194.
117. Письма Бесселя 1813—1826 гг. неперемому секретарю Петербургской Академии наук Н. И. Фуссу // ИАИ / Отв. ред. Л. Е. Майстров. 1978. Вып. 4. С. 317—330. (В ст.: Михайлов А. А. Письма Бесселя).
118. Некоторые письма Бесселя к Гауссу // Кантовский сборник. Калининград: Изд-во Калинингр. ун-та, 1986. Вып. 11. С. 120—130. В ст.: Ихсанова В. Н. Переписка Фридриха Вильгельма Бесселя с Карлом Фридрихом Гауссом.

Важнейшие работы о жизни и деятельности Ф. В. Бесселя

119. Багратуни Г. В. Жизнь и геодезические исследования Ф. В. Бесселя // Бессель Ф. В. Высшая геодезия и способ наименьших квадратов. М.: Геодезиздат, 1961. С. 5—11.
120. Бессель Фридрих Вильгельм // Новый энцикл. слов. // Брокгауз и Ефрон. 1910. Т. 6. С. 268—270.
121. Демин В. Г. Фридрих Бессель: (К 200-летию со дня рождения) // Земля и Вселенная. 1984. № 4. С. 46—52.
122. Драшусов А. Н. Жизнь и труды Бесселя // ЖМНП. 1847. Ч. 55, отд. 5. С. 1—22.
123. Еремеева А. И. Фридрих Вильгельм Бессель (1784—1846) // Выдающиеся астрономы мира. М.: Книга, 1966. С. 201—207.
124. Жизнь и труды Кенигсбергского астронома Бесселя: Извлечение из записки сира Дж. Гершеля, предложенной в годовом отчете Лондонского Королевского астрономического общества // Современник. 1847. Т. 6, № 11, отд. 4. С. 17—31.
125. Изотов А. А. Вклад Бесселя в развитие высшей геодезии // ИАИ / Отв. ред. А. А. Гурштейн. 1986. Вып. 18. С. 291—302.
126. Изотов А. А., Микиша А. М. Фридрих Вильгельм Бессель // Геодезия и картография. 1984. № 7. С. 52—57.
127. Лавринович К. К. Бессель, Кант и закон тяготения // Кантовский сборник. Калининград: Изд-во Калинингр. ун-та, 1984. Вып. 9. С. 53—65.

128. *Лавринович К. К.* Ф. В. Бессель и В. Я. Струве // Из истории естествознания и техники Прибалтики. Рига: Зинатне, 1989. Т. 8. С. 130—142.
129. *Лавринович К. К.* Фридрих Вильгельм Бессель: К 200-летию со дня рождения // ИАИ / Отв. ред. Л. Е. Майстров. 1984. Вып. 17. С. 285—322.
130. *Левин Б. Ю.* Лаплас и Бессель и ледяная модель кометного ядра // ИАИ / Отв. ред. Л. Е. Майстров. 1983. Вып. 16. С. 155—161.
131. *Петров В. Н.* Из истории определения расстояния до звезд: (К столетию работ Бесселя) // Природа. 1938. № 11/12. С. 118—121.
132. *Покровский К. Л.* Памяти Бесселя // Сев. вестн. 1896. Кн. 7. отд. 1. С. 48—57.
133. *Савич А. Н.* Новый каталог Бесселя // ЖМНП. 1847. Ч. 55, отд. 2. С. 152—168.
134. *Савич А. Н.* Обзорение славнейших астрономических обсерваторий Великобритании и Германии // Современник. 1842. Т. 25, № 1. С. 66—97.
135. *Anger C. T.* Erinnerung an Bessel's Leben und Wirken. Danzig: Weber, 1846. 30 S.
136. *Bessel L. von.* Bessel's Ahnen // Weltall. 1939. Jg. 39. S. 95—99.
137. *Bessel L. von.* Bessels Bildnisse // Himmelswelt. 1939. Jg. 49. S. 7—13.
138. Bessel's Tod // AN. 1846. Bd. 24. S. 48—51.
139. *Busch A. L.* Bessel's letzte Beobachtungen // KAB in 1842, 1843, 1844, 27. Abth. Königsberg, 1856. S. III—X.
140. Systematisches Verzeichniss der in der Bibliothek der Königl. Universitäts-Sternwarte zu Königsberg enthaltenen Bücher: (Zu der 25. Abteilung der Königsberger Beobachtungen gehörig) / Hrsg. A. L. Busch. Königsberg, 1852. 154 S.
141. *Franz J.* Festrede aus Veranlassung von Bessel's hundertjährigem Geburtstag. Königsberg: Leupold, 1884. 24 S.
142. *Fürst D., Hamel J.* Friedrich Wilhelm Bessel und die Instrumente der Sternwarte Remplin (Meckl.) // Blick in Weltall. 1986. Jg. 34, N 5, S. 41—47.
143. *Hamel J.* Fridrich Wilhelm Bessel. Leipzig: Teubner, 1984. 98 S.
144. *Herrmann D. S.* Bessels Bibliothek an der Königsberger Sternwarte // Sterne. 1985. Bd. 61, H. 2. S. 96—103.
145. *Herschel J. F. W.* A brief notice of the life, researches, and discoveries of F. W. Bessel. L.: Barclay, 1847. 16 p.
146. *Herschel J. F. W.* Adress delivered to Prof. Bessel on presenting the Honorary medal of the Astron. Society 13 Febr. 1829 for the Zone-Observations // MN. 1831. Vol. 1. P. 99—166.
147. *Herschel J. F. W.* Adress delivered to Prof. Bessel on presenting the Honorary medal of the Astron. Society 12 Febr. 1841 for his researches on 61 Cygni // MN. 1841. Vol. 5. P. 89—98.
148. *Kosch R. J.* Bessel's letzte Krankheit. Königsberg: Pfitzer und Heilmann, 1846. 42 S.
149. *Labitzke P.* Die Königsberger Sternwarte // Himmelswelt. 1935. Jg. 45. S. 9—13.

150. *Repsold J. A.* Friedrich Wilhelm Bessel // AN. 1919. Bd. 210. S. 161—214.
151. *Schumacher H. A.* Bessel als Handlungslehrling in Bremen // Bremisches Jahrb. 1889. Bd. 15. S. 144—199.
152. *Sommer J.* Bessel als Mathematiker // Ztschr. Vermessungswesen. 1911. Bd. 40, H. 12. S. 333—341.
153. *Struve O.* The first determinations of stellar parallax // Sky and Telescope. 1956. N 11. P. 9—12; N 12. P. 69—72.
154. Verzeichniss sämtlicher Werke, Abhandlungen, Aufsätze und Bemerkungen von F. W. Bessel // KAB in 1838. 24. Abth. Königsberg, 1848. S. XXI—XLV.
155. Verzeichniss sämtlicher Werke, Abhandlungen, Aufsätze und Bemerkungen von F. W. Bessel / Zusammengetragen, chronologisch geordnet und mit einem gedrängten Sachregister versehen von A. L. Busch. Königsberg: Dalkowski, 1849. 34 S.
156. *Wattenberg D.* Bessel als Bremer Kaufmannslehrling // Weltall. 1929. Jg. 29. S. 8—11.
157. *Wattenberg D.* Die alte Sternwarte in Lilienthal // Ibid. 1928. Jg. 28. S. 123—125.
158. *Wattenberg D.* Fr. W. Bessel // Himmelswelt. 1934. Jg. 44. H. 7/8. S. 125—135.
159. *Wattenberg D.* Fr. W. Bessel und die Vorgeschichte der Entdeckung des Neptun // Mitt. Archenhold-Sternwarte. 1959. N 54. S. 1—7.
160. *Wattenberg D.* Nach Bessels Tod: Eine Sammlung von Dokumenten // Veröff. Archenhold-Sternwarte. 1976. N 7. S. 118.
161. *Wattenberg D.* Vom Kaufmannslehrling zum Astronomen (F. W. Bessel, 1784—1846) // Vortrage und Schriften. 1959. N 2. S. 42—60.

Дополнительные источники

162. *Абалакин В. К.* Основы эфемеридной астрономии. М.: Наука, 1979. 448 с.
163. *Араго Ф.* Общепонятная астрономия / Пер. с фр. М. С. Хотинского. СПб.: Изд. Товарищества «Общественная польза», 1861. Т. 1. 444 с.; Т. 2. 409 с.; Т. 3. 521 с.; Т. 4. 642 с.
164. *Байер И. И.* О виде и величине Земли: Записка о необходимости средне-европейского градусного измерения, составленная в 1861 г. И. И. Байером // Зап. воен.-топогр. части. 1865. Ч. 26. С. 28—30.
165. *Бакулин П. И.* Фундаментальные каталоги звезд. М.: Наука, 1980. 336 с.
166. *Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз В. И.* Курс общей астрономии. М.: Наука, 1966. 527 с.
167. *Белый Ю. А.* Тихо Браге (1546—1601). М.: Наука, 1982. 229 с.
168. *Беляев Н. А., Чурюмов К. И.* Комета Галлея и ее наблюдение. М.: Наука, 1985. 272 с.
169. *Берри А.* Краткая история астрономии / Пер. с англ. С. Г. Займовского. 2-изд. М.; Л.: Гостехтеориздат, 1946. 363 с.
170. *Бирман К. Р.* Александр Гумбольдт и его место в истории астрономии // Пер. с нем. Э. К. Пироговой // ИАИ № Отв. ред. Л. Е. Майстров. 1983. Вып. 16. С. 163—171.

171. Брагинский В. Б., Панов В. И. Проверка эквивалентности инертной и гравитационной масс // ЖЭТФ. 1971. Т. 61, вып. 3 (9). С. 873—879.
172. Бугаевский А. В. Выбор места двух старинных русских обсерваторий // ИАИ / Отв. ред. Л. Е. Майстров. 1984. Вып. 17. С. 185—210.
173. Бэр К. М. Автобиография. М.: Изд-во АН СССР, 1950. 544 с.
174. Воронцов-Вельяминов Б. А. Очерки истории астрономии в России. М.: Гостехтеориздат, 1956. 371 с.
175. Галилей Г. Диалог о двух главнейших системах мира Птолемея и Коперниковой / Пер. А. И. Долгова. М.; Л.: Гостехтеориздат, 1948. 377 с.
176. Геллер И. З. Личность и жизнь Канта: (Опыт характеристики). Пг.: Academia, 1923. 88 с.
177. Горель Г. К. Основание Николаевской обсерватории // ИАИ / Отв. ред. Л. Е. Майстров. 1975. Вып. 12. С. 139—155.
178. Гуляев А. П., Хоммик Л. М. Дифференциальные каталоги звезд / Под ред. В. В. Подобеда. М.: Наука, 1983. 136 с.
179. Гуссов В. В. Развитие теории цилиндрических функций в России и СССР // ИМИ. 1953. Вып. 6. С. 355—475.
180. Дейч А. Н. Первое определение В. Я. Струве параллакса α Лиры // Астрон. журн. 1952. Т. 29, вып. 5. С. 597—601.
181. Джинс Дж. Вселенная вокруг нас / Пер. с англ. Н. Идельсона. 2-е изд. Л.; М.: ГОНТИ, 1932. 403 с.
182. Дикке Р. Гравиметрия и Вселенная. М.: Мир, 1972. 103 с.
183. Долгов П. Н. Определение времени пассажным инструментом в меридиане / Под ред. Н. Н. Павлова. М.: Гостехтеориздат, 1952. 396 с.
184. Донесение профессора Струве ректору Дерптского университета // Журн. деп. нар. просвещения. 1822. Ч. 5. С. 199—220.
185. Ерпылев Н. П. Развитие звездной астрономии в России в XIX в. // ИАИ / Отв. ред. Л. Е. Майстров. 1958. Вып. 4. С. 13—249.
186. Зоммерфельд А. Пути познания в физике: Сб. статей. М.: Наука, 1973. 318 с.
187. Игнатьев Е. И. Наука о Небе и Земле общедоступно изложенная. СПб.: Суворин, 1912. XXIV. 582 с.
188. Извлечение из письма профессора Якоби в Кенигсберге от 9 Января (н. с.) 1838 на имя Г-на Министра Народного просвещения // ЖМНП. 1838. № 3, ч. 17. С. 671—672.
189. Из истории вычислительных устройств: (Публ. по материалам Арх. АН СССР и примеч. М. И. Радовского, Ленинград; предисл. Э. Кольмана, Прага) // ИМИ. 1961. Вып. 14. С. 551—586.
190. Изотов А. А. Форма и размеры Земли по современным данным. М.: Геозедиздат, 1950. 204 с. (Тр. ЦНИИГАИК; Вып. 73).
191. Кларк А. Общедоступная история астрономии в XIX столетии. Одесса: Матезис, 1913. 656 с.
192. Клейн Г. Астрономические вечера / Пер. с 8-го посмертнем. изд. И. А. Давыдова. М.; Пг.: Книга, 1923. 478 с.

193. *Колчинский И. Г., Корсунь А. А., Родригес М. Г.* Астрономы: Биограф. справ. Киев: Наук. думка, 1977. 415 с.
194. *Лависс Э., Рамбо А.* История XIX в. М., 1938. Т. 1. 584 с.
195. *Медунин А. Е.* Развитие гравиметрии в России. М.: Наука, 1967. 223 с.
196. *Метельский Г.* Янтарный берег. М.: Мысль, 1969. 204 с.
197. *Митчелль О. М.* Небесные светила или планетные и звездные миры. М.: Ключкин, Б. г. 504 с.
198. *Михайлов А. А.* Земля и ее вращение. М.: Наука, 1984. 80 с.
199. *Новокшанова З. К.* Карл Иванович Теннер. М.: Геодезиздат, 1957. 102 с.
200. *Новокшанова З. К.* Федор Федорович Шуберт, военный геодезист. М.: Геодезиздат, 1958. 80 с.
201. *Новокшанова (Соколовская) З. К.* Василий Яковлевич Струве. М.: Наука, 1964. 295 с.
202. *Ньюкомб С., Энгельман Р.* Астрономия в общепонятном изложении. СПб.: Риккер, 1896. 748 с.
203. *Ньютон И.* Математические начала натуральной философии / Пер. с лат. с примеч. и поясн. А. Н. Крылова // Крылов А. Н. Собр. тр. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. Т. 7. 696 с.
204. Отчет о трудах и действиях императорской Санкт-Петербургской Академии наук за 1837, читанный в публичном ее заседании 29 декабря 1837 г. неперменным секретарем ее П. Н. Фуссом // ЖМНП. 1838. № 2, ч. 17. С. 389—435.
205. *Паннекук А.* История астрономии / Пер. с англ. Н. И. Невской. М.: Наука, 1966. 592 с.
206. *Паренаго П. П.* Курс звездной астрономии. М.; Л.: ГОНТИ, 1938. 308 с.
207. *Пасецкий В. М.* Адольф Яковлевич Купфер (1799—1865). М.: Наука, 1984. 207 с.
208. Письма В. Я. Струве к С. С. Уварову и П. Н. Фуссу / Публ. П. Г. Куликовского // ИАИ. 1960. Вып. 6. С. 401—416.
209. *Подобед В. В.* Фундаментальная астрометрия. М.: Физматгиз, 1962. 340 с.
210. *Покровский К. Д.* Успехи астрономии в XIX столетии: Общедоступные очерки. СПб., 1902. 276 с.
211. *Полянская Л.* К столетию Пулковской обсерватории // Красный арх. 1939. Ч. 4 (95).
212. *Прудников В. Е.* Русские педагоги-математики XVIII—XIX вв. М.: Учпедгиз, 1956. 640 с.
213. *Райков Б. Е.* Карл Бэр, его жизнь и труды. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. 524 с.
214. *Рак Б. И.* О нормальных системах звездных положений // Тр. Астрон. обсерватории имп. Петрогр. ун-та. 1916. Т. 1. С. 1—83.
215. *Рид К.* Гильберт / Пер. с англ. И. В. Долгачева. М.: Наука, 1977. 367 с.
216. Русско-Скандинавское градусное измерение в документах // Подгот. к публ., введ. и примеч. З. К. Соколовской-Новокшановой // Василий Яковлевич Струве: Сб. ст. и материалов к 100-летию со дня смерти. М.: Наука, 1964. С. 150—226.

217. *Соколовская З. К.* Первые определения звездных параллаксов: К вопросу о приоритете одного открытия // Вестн. АН СССР. 1972. № 3. С. 132—136.
218. *Струве В. Я.* О двойных звездах, исследованных с помощью учиненных на Дерптской обсерватории с 1824 по 1837 год микрометрических измерений сих светил // ЖМНП. 1837. № 3, ч. 13. С. 556—603.
219. *Струве В. Я.* Этюды звездной астрономии / Пер. М. С. Эйгенсона; Ред. А. А. Михайлова. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. 234 с.
220. *Струве О. В. В. Струве* / Пер. с нем. и примеч. А. А. Михайлова // Василий Яковлевич Струве: Сб. ст. и материалов к 100-летию со дня смерти. М.: Наука, 1964. С. 75—116.
221. *Тарле Е. В.* Наполеон. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 467 с.
222. Уставы Академии наук СССР. М.: Наука, 1977. 207 с.
223. *Хандриков М.* Описательная астрономия. Киев: Тип. С. В. Кульженко, 1886. 418 с.
224. *Хотинский М.* Обзор сочинения академика В. Я. Струве «Описание Главной астрономической обсерватории». СПб., 1847. 55 с.
225. *Ченакал В. Л.* Ян-Батист Снядецкий и Иоганн Элерт Боде // ИАН / Отв. ред. П. Г. Куликовский. 1966. Вып. 9. С. 309—332.
226. *Швейцер Б.* Описание обсерватории Московского университета и ее главных инструментов. М., 1866. 46 с.
227. Энциклопедический словарь юного астронома / Сост. Н. П. Ерпылев. М.: Педагогика, 1980. 320 с.
228. *Additamentum in F. G. W. Struve Mensuras Micrometricas Stellarum Duplicium.* Saint Petersburg, 1839. 27. IX p.
229. *Adressbuch der Königl. und Stadt-Behorden wie auch C. Hochlobl. Kaufmannschaft zu Königsberg in Preussen für die Jahre 1831 und 1832* / Hrsg. B. Dieffebach. Königsberg: gedruckt in der Degensschen Buchbruderei.
230. *Astronomical observations, made at the Royal Observatory at Greenwich, from the year MDCCCL to the year MDCCLXII by the Rev. James Bradley.* Oxford: Clarendon press. Vol. 1. 1798. 503 p.; Vol. 2. 1805. 583 p.
231. *Batré H., Herrmann D. B.* Astronomennachlässe und-teilnachlässe im Archiv der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin // Monatsber. Dt. Akad. Wiss. Berlin. 1970. Bd. 12, H. 6/7. S. 531—540.
232. *Bouvard A.* Tables astronomiques. . . contentant les tables de Jupiter de Saturne et d'Uranus. P., 1821. 50 p.
233. *Dzieje Warmii i Mazur w zarysie.* T. 1. Od pradziejów do 1870 roku. W-wa: Państw. Wyd-wo Nauk., 1981. 408 s.
234. *Fourier J. B. J.* Théorie analytique de la chaleur. P., 1822. 198 p.
235. *Fürst D., Hamel J.* Friedrich von Hahn und die Sternwarte in Remplin / Mecklenburg // Sterne. 1983. Bd. 59, H. 2. S. 89—99.
236. *Heine E.* Die Fourier—Bessel'sche Function // J. reine und angew. Math. 1868. Bd. 69. S. 84—106.
237. *Henderson T.* On the parallax of α Centauri. Read January 3, 1839 // Mem. Roy. Astron. Soc. 1840. Vol. 11. P. 61—68.

238. *Mädler J. H.* Der Wunderbau des Weltalls, oder Populäre Astronomie. B.: Heymann, 1861. 667. 17 S.
239. *Mühlpfordt H. M.* Königsberger Skulpturen und ihre Meister. Würzburg, 1970. 190 S.
240. *Positions mediae stellarum fixarum in Zonis Regiomontanis a Besselio inter -15 et $+15^\circ$ declinationis observatorum, ad annum 1825 reductae et in catalogum ordinatae, auctore M. Weisse. Jussu Academiae Petropolitanae edit, curavit et praefatus est F. G. W. Struve. Petropoli, 1846. 254, 50 p.*
241. *Schlömilch O.* Ueber die Bessel'sche Funktion // *Ztschr. Math. und Phys.* 1857. Jg. 2. S. 137—165.
242. *Schumacher H. A.* Die Lilienthaler Sternwarte // *Abh. Naturwiss. Vereins Bremen.* 1889. Bd. 11. S. 39—170.
243. *Selle G.* Geschichte der Albertus-Universität zu Königsberg in Preussen. Zweite, durchgesehene und vermehrte Ausgabe. Würzburg: Holzner, 1956. XIII, 1 nlb., 442 S.
244. *Shapley H., Howarth H. E.* A source book in astronomy. N. Y.; L., 1929. 412 p.
245. *Skrobacki A.* Polacy na wydziale lekarskim uniwersytetu w Królewcu. Olsztyn: Pojezierze, 1969. 142 s.
246. *Struve F. G. W.* De numero constanti aberrationis et paraxi annua fixarum ex observationibus stellarum circum-polarium in ascensione oppositarum // *Observationes astronomicas, institutas in specula Universitatis caesariae Dorpatensis. Dorpati, 1822. Vol. 3: Observationes annorum 1820 et 1821. P. 183—267.*
247. *Astronomische Beobachtungen auf der Königl. Universitätssternwarte zu Königsberg / Hrsg. H. Struve. Königsberg, 1899. 205 S.*
248. *Weierstrass K.* Mathematische Werke. B., 1894. Bd. 1. 180 S.

Именной указатель

- А балакин Виктор Кузьмич* (р. 1930) — советский астроном, специалист в области теоретической и эфемеридной астрономии; с 1983 г. директор Пулковской обсерватории 282, 284
- Адамс Джон Коуч (Adams John Couch)* (1819—1892) — английский астроном и математик; с 1861 г. директор Кембриджской обсерватории 230
- Альбрехт I Гогенцоллерн (Albrecht I Hohenzollern)* (1490—1568) — последний великий магистр Тевтонского ордена (1511—1525) и первый светский правитель Прусского герцогства (1525—1568). Основал университет (1544) в Кенигсберге 43
- Ангер Карл Теодор (Anger Carl Theodor)* (1803—1858) — ученик и помощник Бесселя в 1827—1831 гг., затем астроном общества естествоиспытателей в Данциге (ныне Гданьск) 67, 68, 69, 71, 91
- Араго Доменик Франсуа (Arago Dominique François)* (1786—1853) — французский астроном, физик и политический деятель; с 1830 г. — секретарь Парижской АН и директор Парижской обсерватории 89, 192, 222, 228, 230, 264
- Аргеландер Фридрих Вильгельм Август (Argelander Friedrich Wilhelm August)* (1799—1875) — немецкий астроном, ученик и последователь Бесселя; с 1837 г. директор Боннской обсерватории. Основные работы связаны с позиционной астрономией и фотометрией 46, 69, 70, 72, 88, 114, 122, 127, 134, 145, 146, 179, 189, 190
- Аристотель* (384—322 гг. до н. э.) — древнегреческий философ и ученый. Сочинения относятся ко всем областям знания его времени 195
- Архимед* (287?—212 г. до н. э.) — древнегреческий ученый, работавший в области математики, механики, физики и астрономии, автор изобретений и открытий 264
- Ауверс Артур Юлиус Георг Фридрих (Auwers Artur Julius Georg Friedrich)* (1838—1915) — немецкий астроном, работавший в области позиционной астрономии. Автор повторной (после Бесселя) обработки наблюдений Бадлея 235
- Байер Иоганн Якоб (Иакоб) (Bayer Johann Jakob)* (1794—1885) — прусский геодезист, организатор международной геодезической ассоциации, инициатор большинства крупных геодезических работ в Европе конца XIX в. 129, 255, 256
- Байер Иоганнес (Bayer Johannes)* (1572—1625 или 1660?) — немецкий астроном, автор первого звездного атласа (1603 г.) «Уранометрия» 191
- Барановский Ян (Baranowski Jan)* (1800—1879) — польский астроном, директор Варшавской обсерватории в 1848—1869 гг. 72
- Баттерман Г. (Battermann H.)* — директор Кенигсбергской обсерватории в 1904—1919 гг. 275
- Бауман (Baumann)* — берлинский механик XIX в. 273
- Бессель Амалия (Bessel Amalie)* (?—1821) — сестра Ф. В. Бесселя, приехавшая вместе с ним в 1810 г. в Кенигсберг 47, 64, 79
- Бессель Вильгельм (Bessel Wilhelm)* (1814—1840) — сын Ф. В. Бес-

- сея. Изучал математику в Кенигсбергском университете, затем поступил в архитектурную школу в Берлине 66, 67, 78, 79, 86, 104, 286, 287
- Бессель Иоганна*, урожд. Гаген (*Bessel Johanna, geb. Hagen*) (1794—1835) — супруга Ф. В. Бесселя (с 1812 г.) 65, 67, 97, 110, 286
- Бессель Иоганна* (*Bessel Johanna*) в замужестве Гаген (1826—?) — младшая дочь Бесселя 67, 99, 102, 103
- Бессель Карл Фридрих* (*Bessel Karl Friedrich*) (17?—1830) — отец Ф. В. Бесселя, советник юстиции в Миндене 12
- Бессель Кристоф фон* (*Bessel Christoph von*) (вторая половина XVI в.—начало XVII в.) — один из предков Ф. В. Бесселя по отцовской линии 10
- Бессель Леопольд* (*Bessel Leopold*) — один из потомков Ф. В. Бесселя 95, 96, 97, 98
- Бессель Мария* (*Bessel Marie*) в замужестве Эрман (1816—1902) — старшая дочь Ф. В. Бесселя 67
- Бессель Мориц Карл Август* (*Bessel Moritz Karl August*) — старший брат астронома, председатель земельного суда в Клевене 12
- Бессель Теодор Людвиг Эрнст* (*Bessel Theodor Ludwig Ernst*) (?—1849) — младший брат астронома, прокурор в Кобленце, затем председатель земельного суда в Саарбрюкене, позже — председатель консистории в Кенигсберге 12
- Бессель Элиза* (*Bessel Elise*) в замужестве Лорк — вторая дочь Ф. В. Бесселя 67, 88
- Бессель Энгельберт фон* (*Bessel Engelbert von*) (?—1567) — советник Минденского епископства, предок Ф. В. Бесселя по мужской линии 10
- Бессель Эрнестина* (*Bessel Ernestine*) урожденная Шрадер — мать Ф. В. Бесселя 12
- Био Жан Батист* (*Biot Jean Batiste*) (1774—1862) — французский физик, в 1808—1849 гг. профессор Парижского университета. Работы относятся к оптике, электромагнетизму, акустике, истории науки 179, 264
- Бирд Джон* (*Bird John*) (1709—1776) — английский механик, создатель высокоточных астрономических инструментов 173
- Блисс Натаниель* (*Bliss Nathaniel*) (1700—1764) — английский астроном, преемник Брадлея на посту директора Гринвичской обсерватории 174
- Богуславский Палон Генрих Людвиг* (*Boguslawski Palon Heinrich Ludwig*) (1789—1851) — профессор астрономии; с 1836 г. директор обсерватории в Бреслауе 66
- Бодэ Иоганн Элерт* (*Bode Johann Elert*) (1747—1826) — немецкий астроном; с 1774 г. издатель «Берлинского астрономического ежегодника», с 1786 г. директор Берлинской обсерватории 20, 22, 47, 57, 81, 88, 112, 124, 191
- Боненбергер Иоганн Готтлиб Фридрих* (*Bohnenberger Johann Gottlieb Friedrich*) (1765—1831) — немецкий астроном; с 1796 г. адъютант обсерватории в Тюбингене, затем профессор астрономии 18, 22
- Борда Жан Шарль* (*Borda Jean Charles*) (1733—1799) — французский физик и геодезист, работавший в области механики, молекулярной физики, метрологии. Один из создателей десятичной системы мер (1795) 264
- Браге Тихо* (*Brahe Tycho*) (1546—1601) — датский астроном.

- В своей обсерватории «Ураниборг» на о-ве Вен около 20 лет вел систематические наблюдения звезд, планет, комет. Составил самый точный для эпохи дотелескопической астрономии каталог 788 звезд 195, 196
- Брадлей Джеймс (Bradley James)* (1693—1762) — английский астроном; с 1721 г. профессор астрономии в Оксфорде, с 1742 г. до смерти — директор Гринвичской обсерватории 40, 50, 109, 140, 141, 154, 159, 172—177, 179, 180, 183, 187, 197, 198, 210, 226, 286
- Брашман Николай Дмитриевич* (1796—1866) — русский математик, с 1834 г. профессор Московского университета 89
- Бредихин Федор Александрович* (1831—1904) — русский астроном, директор обсерватории Московского университета (1873—1890) и Пулковской обсерватории (1890—1895). Научные интересы охватывали почти все области астрономии, но наиболее значительные результаты связаны с изучением комет 241
- Бринклей Джон (Brinkley John)* (1763—1835) — английский астроном, профессор в Дублине, президент Ирландской академии 198, 203, 219
- Бруно Джордано (Bruno Giordano)* (1548—1600) — итальянский мыслитель, активный сторонник коперниканства 196
- Бувар Алексис (Boward Alexis)* (1767—1843) — французский астроном, автор таблиц положений больших планет 89, 226, 228
- Бугер Пьер (Bouguer Pierre)* (1698—1758) — французский гидрограф и геодезист, участник Перуанского градусного измерения (1735) 205
- Бурдах Карл Фридрих (Burdach Karl Friedrich)* (1776—1847) — немецкий физиолог, профессор Дерптского, а затем Кенигсбергского университетов 68
- Буркхардт Иоганн Карл (Burckhard Johann Carl)* (1773—1825) — астроном и математик. Учился в Лейпциге, с 1797 г. работал в Париже. Работы связаны с небесной механикой 179
- Буш Август Людвиг (Busch August Ludwig)* (1804—1855) — немецкий астроном, ученик Бесселя, ставший после его смерти директором Кенигсбергской обсерватории 61, 71, 96, 101, 102, 103, 104, 231, 274
- Бэр Карл Максимович (Карл Эрнст) (Baer Karl Ernst)* (1792—1876) — российский академик, основатель современной эмбриологии, путешественник, этнограф, антрополог. Около 17 лет (с 1817 по 1834) с перерывами проработал в Кенигсбергском университете 45, 46, 65, 68, 73, 74, 75, 76, 257
- Валлис Джон (Wallis John)* (1616—1703) — английский математик, профессор в Оксфорде 197
- Вальбек Генрик Юхан (Walbeck Henric Johan)* (1793—1822) — астроном в обсерватории Або и геодезист. В 1819 г. вычислил элементы земного эллипсоида на основе градусных измерений 145, 261
- Вебер Генрих (Weber Heinrich)* (1842—1913) — немецкий математик-алгебраист 170
- Вейерштрасс Карл (Weierstrass Karl)* (1815—1897) — немецкий математик, профессор математики Берлинского университета 164
- Вейссе Максимилиан (Weisse Maximilian)* (1798—1863) — про-

- Фессор астрономии и директор обсерватории в Кракове 121, 122, 123, 173, 190
- Вихман Мориц Людвиг Георг* (*Wichmann Moritz Ludwig Georg*) (1821—1859) — с 1844 г. помощник наблюдателя, а с 1849 г. — наблюдатель Кенигсбергской обсерватории, с 1847 г. приват-доцент университета 61, 71, 103, 274
- Вишневский Викентий Карлович* (1781—1855) — русский астроном; с 1819 г. первый профессор астрономии Петербургского университета 109, 181
- Вольф Иоганн Эдуард* (*Wolf Johann Eduard*) (1786—1868) — немецкий художник 96, 97, 100
- Воронцов-Вельяминов Борис Александрович* (р. 1904 г.) — советский астроном, специалист в области астрофизики и истории астрономии 152
- Вреде Карл Фридрих* (*Wrede Karl Friedrich*) (1766—1826) — с 1806 г. ординарный профессор математики в Кенигсбергском университете 50
- Гаген Готгильф Генрих Людвиг* (*Hagen Gotthilf Heinrich Ludwig*) (1797—1884) — архитектор, племянник К. Г. Гагена 70, 79
- Гаген Е.* (*Hagen E.*) — сын младшей дочери Ф. В. Бесселя 96
- Гаген Карл Готфрид* (*Hagen Karl Gottfried*) (1749—1829) — профессор Кенигсбергского университета; преподавал химию, фармакологию, биологию 50, 65, 70, 73, 77, 90
- Гаген* (*Hagen*) (1826—?) — муж младшей дочери Ф. В. Бесселя Иоганны 67, 99
- Галилей Галилео* (*Galilei Galileo*) (1564—1642) — итальянский физик, механик и астроном, один из основателей современного естествознания, убежденный сторонник коперниканства. Впервые в 1609 г. применил телескоп для астрономических наблюдений 63, 196, 200
- Галле Иоганн Готфрид* (*Halle Johann Gottfried*) (1812—1910) — немецкий астроном, в 1851—1857 гг. — директор обсерватории в Бреслау (ныне Вроцлав). В 1846 г. с помощью расчетов Леверье открыл планету Нептун 230
- Галлей Эдмонд* (*Halley Edmund*) (1656—1742) — английский астроном, второй (после Флемстида) директор Гринвичской обсерватории (с 1720 г.) 23, 25, 28, 30, 75, 93, 209, 230, 237, 241, 242, 286
- Гаман Иоганн Георг* (*Haman Johann Georg*) (1730—1788) — немецкий писатель и философ, оказавший влияние на течение «Бури и натиска» 105
- Гамель Юрген* (*Hamel Jürgen*) — историк астрономии (ГДР) 10, 284
- Ган Фридрих* (*Hahn Friedrich*) (1742—1805) — граф, богатый землевладелец. В 1792—1793 гг. построил в Ремплине (Мекленбург) обсерваторию, большая часть инструментов которой была приобретена для Кенигсбергской обсерватории 57
- Гансен Петер Андреас* (*Hansen Peter Andreas*) (1795—1874) — немецкий астроном и геодезист, в 1825—1874 гг. директор обсерватории в Готе. Основные работы связаны с теорией движения небесных тел 82, 88, 169, 228
- Ганкель Герман* (*Hankel Hermann*) (1839—1873) — немецкий математик. профессор в Эрлангене и Тюбингене 170
- Гардинг Карл Людвиг* (*Harding Karl Ludwig*) (1765—1834) — немецкий астроном. В 1800—1805 гг. был ассистентом Шретера

- в Лилиентале, затем — профессор в Геттингене 31, 32, 33, 34, 36, 88, 112, 181, 191
- Гаспарн Адам Христиан (Gaspari Adam Christian)* (1752—1830) — профессор географии в Дерптском и Кенигсбергском университетах 68
- Гаусс Карл Фридрих (Gauss Karl Friedrich)* (1777—1855) — математик и астроном; с 1807 г. директор Геттингенской обсерватории. Автор многочисленных трудов по математике, небесной механике, высшей геодезии, геофизике 25, 26, 27, 38, 39, 41, 47, 48, 49, 51, 59, 62, 64, 65, 78—82, 86, 87, 88, 90, 104, 112, 124, 153, 160, 161, 162, 163, 164, 181, 186, 189, 233, 236, 249, 255, 258, 286, 287
- Гевелий Ян (Иоганн) (Hevelius Jan) (Johann)* (1611—1687) — польский астроном. В 1641 г. построил крупнейшую в Европе обсерваторию в Гданьске. Открыл 4 кометы, составил каталог 1564 звезд (1687) и издал (1690) звездный атлас «Уранография» 63, 191, 210
- Гейне Генрих Эдуард (Heine Heinrich Eduard)* (1821—1881) — немецкий математик, профессор в Галле и в Бонне 170
- Гелле Иоганн Генрих (Helle Johann Heinrich)* (?—1808) — бременский приятель Бесселя, из окон квартиры которого в 1803 г. Бессель выполнил свое первое астрономическое наблюдение 21, 40
- Гендерсон Томас (Henderson Thomas)* (1798—1844) — шотландский астроном; с 1831 г. директор обсерватории на мысе Доброй Надежды и в 1834—1844 гг. в Эдинбурге 212, 215—220, 223, 224
- Георг III (Georg III)* (1738—1820) — король Великобритании (1760—1820) и курфюрст (с 1813 г. король) Ганновера 32
- Гербарт Иоганн Фридрих (Herbart Johann Friedrich)* (1776—1841) — немецкий философ и педагог, профессор Геттингенского и Кенигсбергского университетов 105
- Герлинг Христиан Людвиг (Gerling Christian Ludwig)* (1788—1864) — профессор математики, астрономии и физики университета в Марбурге 80
- Гертерих Генрих Иоахим (Herterich Heinrich Joachim)* (1772—1852) — немецкий художник и литографист 83, 96
- Гершель Вильям (Фридрих Вильгельм) (Herschel William) (Friedrich Wilhelm)* (1738—1822) — английский астроном и оптик, родился в Ганновере. Создатель крупнейших телескопов, один из основателей звездной астрономии 35, 74, 75, 120, 178, 179, 197, 202, 225
- Гершель Джон (Herschel John)* (1792—1871) — английский астроном, сын В. Гершеля. Научные интересы в основном связаны со звездной астрономией 88, 89, 120, 135, 179, 182, 186, 190, 200, 201, 202, 213, 214, 218, 219, 220, 223
- Гершель Дитрих (Herschel Dietrich)* — младший брат астронома В. Гершеля 35
- Гершель Исаак (Herschel Isaak)* — отец астронома В. Гершеля 35
- Гейфкен Харм (Geifken Harm)* — немецкий оптик и механик начала XIX в. 37
- Гиппель Теодор Готтлиб (старший) (Hippel Theodor Gottlieb)* (1741—1796) — немецкий писатель. Учился на теологическом факультете Кенигсбергского университета, одно время жил в Петербурге 105
- Грейг Алексей Самуилович* (1775—1845) — русский адмирал, фло-

- товодец и почетный академик. Основатель обсерватории в Николаеве (1824) 126, 181
- Грехэм Джордж (Graham George)* (1675—1751) — английский механик, создатель астрономических измерительных инструментов и часов 176
- Грин (Green)* — английский астроном, работавший в Гринвиче в 60-х годах XVIII в. 174
- Гук Роберт (Hooke Robert)* (1635—1703) — английский физик, автор работ в области теплоты, упругости, оптики и небесной механики 197
- Гулд Бенджамин Анторн (Gould Benjamin Aphtorp)* (1824—1896) — американский астроном, автор работ по астрометрии и звездной астрономии. В 1849 г. основал «Astronomical Journal» 72
- Гумбольдт Александр (Humboldt Alexander)* (1769—1858) — немецкий естествоиспытатель и путешественник, автор монументального научного труда «Космос» 41, 86, 88, 104, 117, 127, 134, 151, 209, 229, 232
- Гумбольдт Карл Вильгельм (Humboldt Karl Wilhelm)* (1767—1835) — немецкий общественный и политический деятель, основатель Берлинского университета, один из инициаторов открытия обсерватории в Кенигсберге 41, 47
- Гуссов Виктор Викторович* (р. 1911) — советский математик и историк математики. Учился в Одессе; с 1933 г. работал в Дальневосточном политехническом институте 168
- Гюйгенс Христиан (Huygens Christian)* (1629—1695) — голландский физик, математик и астроном, автор важных открытий и изобретений 63, 197, 270, 271
- Дагерр Луи Жак Манд (Daguerre Louis Jacques)* (1789—1851) — французский художник, изобретатель (1839 г.) дагерротипии — способа закрепления изображения с природы, в основе которого лежал принцип фотографии 99
- Даламбер Жан ле Рон (d'Alembert Jean le Rond)* (1717—1783) — французский ученый-энциклопедист, автор фундаментальных работ по теоретической и небесной механике 7, 160
- Дах Симон (Dach Symon)* (1605—1659) — выдающийся немецкий поэт, профессор поэзии в Кенигсбергском университете 105
- Дейч Александр Николаевич* (1899—1986) — советский астроном, специалист в области звездной астрономии и фотографической астрометрии; с 1923 г. работал в Пулковской обсерватории 220, 221
- Деламбр Жан Батист Жозеф (Delambre Jean Batist Joseph)* (1749—1822) — французский астроном и геодезист, автор таблиц Солнца и больших планет, участник градусного измерения 1792—1799 гг., послужившего введению метра в качестве единицы длины 88
- Джинс Джеймс Хопвуд (Jeans James Hopwood)* (1877—1946) — английский астроном и физик. Научные исследования относятся к астрофизике и космогонии 235
- Дикке Роберт (Dicke Robert)* (р. 1916) — американский физик, работающий в области теории относительности, гравитации, космологии, астрофизики и других разделах современной физики 268
- Доллонд Джон (Dollond John)* (1706—1761) — английский оптик, изобретатель ахроматического объектива. После его смерти.

- его мастерской заведовал сын Петр Доллонд (1730—1820) 35, 37, 57, 59, 79, 113, 118, 141, 187, 199, 205
- Драшцов Александр Николаевич* (1816—1890) — русский астроном, профессор Московского университета, в 1844—1855 гг. директор Московской обсерватории 126, 135
- Ерпылев Николай Петрович* (р. 1921) — советский астроном и историк астрономии 221
- Зимеринг Леопольд Рудольф* (*Siemering Leopold Rudolf*) (1835—1905) — немецкий скульптор 105
- Зольднер Иоганн* (*Soldner Johann*) (1777—1833) — немецкий астроном, работал в Мюнхене. Научные интересы были связаны с позиционной астрономией 124, 163
- Изотов Александр Александрович* (1907—1988) — советский геодезист, профессор, лауреат Государственной премии СССР, один из участников создания эллипсоида Красовского; с 1935 г. — сотрудник ЦНИИ геодезии, аэрофотосъемки и картографии 247, 250, 261
- Йенсен Христиан Альбрехт* (*Jensen Christian Albrecht*) (1792—1870) — датский художник-портретист 88, 97, 98, 282, 287
- Каландрелли Джузеппе* (*Calandrelli Giuseppe*) (1749—1827) — итальянский астроном, директор Римской обсерватории 197, 203
- Кант Иммануил* (*Kant Immanuel*) (1724—1804) — гениальный немецкий философ, основатель классического немецкого идеализма. Автор первой научно обоснованной гипотезы о происхождении Солнечной системы (1755). Всю жизнь прожил в Кенигсберге, где учился, а затем преподавал в университете 9, 45, 90, 105, 120, 282, 283
- Кассини Жан Доменико* (*Cassini Jean Dominique*) (1625—1712) — итальянский астроном, в 1669 г. переехал во Францию, где построил обсерваторию в Париже и возглавлял ее до конца жизни 197
- Кассини Жак* (*Cassini Jacques*) (1677—1756) — французский астроном, автор работ о фигуре Земли, о планетах и кометах 197
- Кеплер Иоганн* (*Kepler Johannes*) (1571—1630) — немецкий астроном, один из основоположников современного естествознания, открывший по наблюдениям Т. Браге три закона движения планет 5, 63, 167, 197
- Кери Вильям* (*Cary William*) (1739?—1825) — английский механик, создатель астрономических инструментов. Сначала работал у Рамсдена, затем открыл в Лондоне собственную мастерскую, унаследованную сыном Джоном (1789—1852) 57, 58, 59, 79, 113, 141, 184, 189
- Кестнер Авраам Готтгельф* (*Kästner Abraham Gotthelf*) (1719—1800) — немецкий математик, профессор в Лейпциге и Геттингене 28, 29, 35, 36
- Киннебрук Давид* — наблюдатель в Гринвиче в 90-х годах XVIII в. 144
- Кисс Август Карл Эрхард* (*Kiss August Karl Erhard*) (1802—1865) — немецкий скульптор, автор конной статуи Фридриха Вильгельма III в Кенигсберге 105
- Кларк Агнесса* (*Clerke Agness*) — английский историк астрономии, автор «Общедоступной истории астрономии в XIX столетии» (первое издание — Эдинбург, 1885 г.) 139, 155, 160, 220
- Кларк Алван* (*Clark Alvan*) (1804—1887) — американский оптик,

- создатель крупнейших в мире объективов для телескопов-рефракторов 234
- Клейн Герман Иозеф (Klein Herrmann Joseph) (1844—1914)* — немецкий астроном; с 1880 г. директор обсерватории в Линдентале; исследователь физической природы Луны. Автор популярных книг по астрономии 206
- Клеро Алексис Клод (Clairaut Alexis Claude) (1713—1756)* — французский математик и небесный механик, участник Лапландского (1736 г.) градусного измерения 7, 160, 246
- Клиндворт (Klind worth)* — английский механик 57
- Кнорре Карл Христофорович (Knorre Karl Friedrich) (1801—1883)* — русский астроном сын Э. Ф. Кнорре, первый директор обсерватории в Николаеве, которую возглавлял свыше 40 лет (до 1871 г.) 125, 126, 146
- Кнорре Эрнст Фридрих (Knorre Ernst Friedrich) (1759—1810)* — астроном, первый директор обсерватории в Дерпте 125
- Койслер Вильгельм Фридрих (Keussler Wilhelm Friedrich) (1777—1828)* — преподаватель математики и физики в Рижской гимназии 181
- Коперник Николай (Kopernik Mikolaj) (1473—1543)* — великий польский астроном, создатель гелиоцентрической системы мира 63, 72, 194, 195, 196, 279
- Косч Рафаил Яков (Kosch Rafal Jakub) (1803—1872)* — врач, автор многих работ по медицине. Лечил Бесселя в последние годы его жизни 100
- Крамп Христиан (Kraep Christian) (1760—1826)* — немецкий физик, математик и медик 164, 176
- Кранач Лукас (Cranach Lucas) (1472—1553)* — немецкий художник 10
- Красовский Феодосий Николаевич (1878—1948)* — советский астроном-геодезист, инициатор создания ЦНИИ геодезии, аэрофотосъемки и картографии (1928). В 1924—1930 гг. руководил астрономо-геодезическими работами в СССР, в 1940 г. под его руководством были выведены элементы земного эллипсоида 251, 261
- Крат Владимир Алексеевич (1911—1983)* — советский астроном, автор работ по физике Солнца, переменным звездам и космогонии; с 1938 г. работал в Пулковке, с 1965 г. — директор Пулковской обсерватории 279
- Краус Христиан Яков (Kraus Christian Jakob) (1753—1807)* — с 1780 г. профессор философии в Кенигсбергском университете, последователь И. Канта 45, 90, 105
- Крафт Вольфганг Людвиг (Krafft Wolfgang Ludwig) (1743—1814)* — астроном, член Петербургской Академии наук 107
- Крузенштерн Иван Федорович (Иоганн Антон) (1770—1846)* — русский адмирал. В 1803—1806 гг. возглавлял первую русскую кругосветную экспедицию. Автор фундаментальных работ по географии 88, 127
- Крюгер Франц (Kryger Franz) (1797—1857)* — немецкий художник, профессор Берлинской академии художеств 102
- Куленкамп Андрей Готтлиб (Kulenkamp Andreas Gottlieb) (1731—1806)* — глава торгового дома в Бремене, где в 1799—1806 гг. Ф. В. Бессель служил учеником конторщика 14, 15, 29, 33, 34, 286
- Куленкамп Д.* — наследник А. Куленкампа 181
- Купфер Адольф Яковлевич (Kupffer Adolph Theodor) (1799—*

- 1865) — русский академик, создатель сети магнитных и метеорологических наблюдений в России 127
- Катер Генри (Kater Henri)* (1777—1835) — английский геодезист, создатель оборотного маятника 263, 264
- Лагранж Жозеф Луи (Lagrange Joseph Louis)* (1736—1813) — французский математик, механик, астроном. Автор исследований по вариационному исчислению, аналитической механике, теории чисел, алгебре и т. д. 7, 63, 160
- Лакондамин (Кондамин) Шарль (La Condamine Charles)* (1701—1774) — французский астроном, участник Перуанского градусного измерения. Составил проект метрической системы мер 264
- Лаланд Жозеф Жером ле Франсуа (Lalande Joseph Jérôme la Francoise)* (1732—1807) — французский астроном, автор каталога, содержащего положения около 47000 звезд, учебников и популярных книг по астрономии 22, 28, 40, 88, 114, 172, 177, 237
- Ламберт Иоганн Генрих (Lambert Johann Heinrich)* (1728—1777) — немецкий астроном, математик, физик и философ, один из основателей фотометрии и звездной астрономии 120
- Лаплас Пьер Симон (Laplace Pierre Simon)* (1749—1827) — французский математик и астроном, автор монументального 5-томного труда «Трактат о небесной механике» 7, 28, 30, 39, 88, 153, 160, 176, 236, 239
- Лебедев Петр Николаевич* (1866—1912) — русский физик-экспериментатор, исследовавший электромагнитные и оптические явления, создатель первой физической школы в России 240
- Леверье Урбен Жан Жозеф (Leverrier Urbain Jean Joseph)* (1811—1877) — французский астроном, профессор Парижского университета, в 1857—1870 и 1872—1877 гг. директор Парижской обсерватории. Научные работы относятся к небесной механике 230
- Левин Борис Юльевич* (р. 1912 г.) — советский астроном, автор многих работ по космогонии и физике тел Солнечной системы 239
- Лежандр Адриен Мари (Legendre Adrien Marie)* (1752—1833) — французский математик, автор работ по теории чисел, а также по геодезии и теоретической астрономии 236, 247, 248
- Лемонье Пьер Шарль (Lemonnier Pierre Charles)* (1715—1799) — французский астроном, участник Лапландского градусного измерения (1736) 226
- Ленц Роберт Эмилевич* (1833—?) — русский физик, профессор Технологического института и университета в Петербурге. Научные интересы связаны с физикой (магнетизм) и физической географией 269
- Лёдебур Карл Фридрих (Ledebour Karl Friedrich)* (1785—1851) — ботаник, профессор Дерптского университета, известный исследователь флоры России 107
- Линденау Бернгардт Август (Lindenau Bernhardt August)* (1780—1854) — немецкий астроном и государственный деятель. В 1804—1817 гг. заведовал обсерваторией в Готе. Составил таблицы положений Меркурия, Венеры и Марса 29, 40, 47, 59, 79, 80, 84, 88, 112, 117, 144
- Листинг И. В. (Listing J. V.)* (1808—1882) — немецкий физик 249
- Лисянский Юрий Федорович* (1773—1837) — русский морской

- офицер, участник первого русского кругосветного плавания 1803—1806 гг. 127
- Лобек Христиан Август* (*Lobeck Christian August*) (1781—1860) — профессор классической филологии в Кенигсбергском университете 105
- Лонг Роберт* (*Long Roger*) (1680—1770) — английский астроном 197
- Лонгомонтан Христиан Северин* (*Longomontanus Christian Severin*) (1564—1647) — датский астроном и математик, помощник Т. Браге. Автор известного в свое время учебника астрономии «*Astronomica Danica*» (1622) 25
- Лорк Л.* (*Lorck L.*) — муж средней дочери Бесселя Элизы 67
- Лютер Эдуард* (*Luther Eduard*) (1816—1887) — профессор астрономии и директор обсерватории (с 1859 г.) в Кенигсберге 274
- Майер Тобиас Иоганн* (*Mayer Tobias Johann*) (1723—1762) — немецкий астроном, профессор Геттингенского университета (с 1751 г.). Создал теорию пассажного инструмента 63, 226
- Мандель Иоганн Август Эдуард* (*Mandel Johann August Eduard*) (1810—1882) — немецкий художник-гравер 96
- Маскелейн Невил* (*Maskelyne Nevil*) (1732—1811) — английский астроном, директор Гринвичской обсерватории в 1765—1811 гг. 144, 184
- Матье Клод Луи* (*Mathieu Claude Louis*) (1783—1875) — французский астроном и геодезист 264
- Медем Августа* (*Medem Augusta*) — супруга К. М. Бэра 73
- Медлер Иоганн Генрих* (*Mädler Johann Heinrich*) (1794—1874) — немецкий астроном, с 1840 по 1866 гг. работавший в Дерпте в России 228
- Мешен Пьер Франсуа Андре* (*Méchain Pierre François André*) (1744—1804) — французский астроном. Главные исследования связаны с движением комет и французо-испанским градусным измерением конца XVIII—начала XIX вв. 25
- Миттаг Карл* (*Mittag Carl*) — немецкий художник и литограф XIX в. 92, 98
- Михайлов Александр Александрович* (1888—1983) — советский астроном и гравиметрист, автор работ по астрометрии, звездной астрономии, теории затмений, практической и теоретической гравиметрии. В 1947—1964 гг. директор Пулковской обсерватории 110, 180, 279
- Мозер Людвиг Фердинанд* (*Moser Ludwig Ferdinand*) (1805—?) — немецкий физик; с 1832 г. профессор в Кенигсберге 99, 100
- Мур Джон Гамильтон* (*Moore John Hamilton*) (1617—1679) — английский астроном, математик и геодезист 18
- Мюллер Б.* (*Müller B.*) — архитектор, строитель Кенигсбергской обсерватории 53
- Мюллер Иоганн* (*Müller Johann*) (1752—1809) — немецкий историк и публицист, при Наполеоне — министр в Вестфальском королевстве 39
- Наполеон Бонапарт* (*Napoleon Bonaparte*) (1769—1821) 38, 39, 42, 46, 53, 54, 108
- Нейман Карл Готфрид* (*Neumann Karl Gottfried*) (1832—1925) — немецкий математик и физик-теоретик, сын Ф. Э. Неймана 170
- Нейман Франц Эрнст* (*Neumann Franz Ernst*) (1798—1895) — немецкий физик-теоретик, с 1826 г. работал в Кенигсберге

- ском университете. В 1834 г. основал вместе с К. Якоби первый постоянно действующий семинар по теоретической физике 68, 76, 77
- Некрасов Николай Алексеевич* (1821—1877) — русский поэт 135
- Николай Фридрих Бернгард Готтфрид* (*Nicolaï Eriedrich Bernhard Gottfried*) (1793—1846) — немецкий астроном, в 1816—1846 гг. директор обсерватории в Мангейме 112, 124
- Николай I* (1796—1855) — русский император (1825—1855) 97, 116, 119
- Николовиус Фридрих* (*Nicolavius Friedrich*) — книгоиздатель в Кенигсберге, издавший «Основания астрономии» Бесселя в 1818 г. 90, 180
- Ньюком (Ньюкомб) Симон* (*Newcomb Simon*) (1835—1909) — американский астроном, автор фундаментальных работ в области небесной механики, астрометрии, навигационной астрономии 139, 186, 195, 215, 226
- Ньютон Исаак* (*Newton Isaak*) (1643—1727) 5, 6, 7, 63, 161, 197, 225, 227, 245, 267, 268
- Ольберс Генрих Вильгельм* (*Olbers Heinrich Wilhelm*) (1758—1840) — немецкий астроном, открыл 7 новых комет и две малые планеты: вторую Палладу (1802) и четвертую Весту (1807). Сформулировал «фотометрический парадокс». Большую часть жизни прожил в Бремене 19, 20, 23—27, 30—35, 37—42, 49, 51, 53, 54, 69, 77—80, 82, 83, 86, 90, 91, 96, 104, 112, 117, 175, 180, 223, 227, 236, 240, 286, 287
- Панаев Иван Иванович* (1812—1862) — русский публицист и писатель 135
- Паннекук Антони* (*Pannekoek Antoni*) (1873—1970) — нидерландский астроном, в 1899—1906 гг. работал в Лейденской обсерватории, в 1924—1948 гг. — профессор Амстердамского университета. Работал в области астрофизики, звездной астрономии и истории астрономии. Автор известной книги «История астрономии» 233
- Паррот Георг Фридрих* (*Porrot Georg Friedrich*) (1767—1852) — физик и метеоролог; с 1802 г. ректор Дерптского университета; с 1826 г. — член Петербургской АН 111
- Паукер Магнус Георг* (*Paucker Magnus Georg*) (1787—1855) — астроном Дерптской обсерватории в 1811—1813 гг., позже — преподаватель гимназии в Митаве 181
- Первошников Дмитрий Матвеевич* (1788—1880) — русский астроном математик и педагог, в 1818—1851 гг. работал в Московском университете, в 1852 г. — в Петербургской АН 125
- Петерс Христиан Август Фридрих* (в России *Христиан Иванович*) (*Peters Christian August Friedrich*) (1806—1880) — немецкий астроном, ученик Бесселя. В 1839—1849 гг. работал в России в Пулкове, затем в Кенигсберге и в Альтоне. Научные работы связаны с астрометрией 71, 127, 204, 222, 234
- Петерс Х. Ф. В.* (*Peters C. F. W.*) — директор Кенигсбергской обсерватории в 1888—1894 гг. 274
- Петерсен Адольф Корнелий* (*Petersen Adolph Cornelius*) (1804—1854) — немецкий астроном, в 1827—1850 гг. работал в обсерватории в Альтоне 102
- Пиаци Джузеппе* (*Piazzi Giuseppe*) (1746—1826) — итальянский астроном. Открыл первую малую планету Цереру (1801). Составил каталог положений 6748 звезд (1803); второе изда-

- ние (1814) содержало 7646 звезд 122, 172, 175, 177, 178, 182, 187, 197, 203
- Пистор Карл Филипп Генрих (Pistor Karl Philipp Heinrich)* (1778—1847) — немецкий механик, создатель точных астрономических измерительных инструментов, основатель (1813) известной фирмы «Пистор и Мартинс» 189, 255, 273
- Покровский Константин Доримедонтович* (1868—1945) — русский астроном, в 1895—1916 гг. работал в Дерптской обсерватории (ныне Тартуской), с 1908 г. — директор этой обсерватории. В 1916—1918 гг. ректор Пермского университета, в 1921—1934 гг. — заместитель директора Пулковской обсерватории, в 1934 г.—1944 г. — директор Одесской обсерватории. Исследовал физические процессы в кометах, метеоры, серебристые облака 100, 118
- Понд Джон (Pond John)* (1767—1836) — английский астроном, в 1811—1835 гг. директор Гринвичской обсерватории 198, 203
- Пош Леонард (Posch Leonhart)* (1750—1831) — немецкий скульптор, работавший преимущественно в жанре скульптурной миниатюры 95, 96
- Птолемей Клавдий* (ок. 87—165 гг. н. э.) — древнегреческий астроном и географ, автор монументального труда «Альмагест», в котором в наиболее законченном виде изложена геоцентрическая система мира 195
- Пушкин Александр Сергеевич* (1799—1837) 135
- Пишибыллок Э. (Przybyllok E.)* — директор Кенигсбергской обсерватории с 1921 г. 275
- Райт Томас (Wright Thomas)* (1711—1786) — английский астроном, автор гипотезы о строении звездной Вселенной, согласно которой наблюдаемые звезды образуют изолированную сплюснутую систему 120
- Рамсден Гессе (Ramsden Hesse)* (1735—1800) — английский оптик и механик, создатель астрономических инструментов, зять Доллонда 177
- Рейхенбах Георг (Reichenbach Georg)* (1772—1826) — основатель оптико-механической мастерской (1804 г.) в Мюнхене, конструктор астрономических инструментов 61, 70, 79, 80, 113, 114, 118, 139, 141, 144, 181, 184, 187, 188, 189, 231, 275, 286
- Ремер Вильгельм Герман Георг (Remer Wilhelm Herrman Georg)* (1755—1850) — профессор медицины в Кенигсбергском университете 53
- Ремер Оле Кристенсен (Römer Ole)* (1644—1710) — датский астроном, основатель Копенгагенской обсерватории. Скопструировал пассажный инструмент и меридианный круг 197, 205
- Репсольд Адольф (Repsold Adolf)* (1806—1871) — сын И. Г. Репсольда, унаследовавший вместе с братом Георгом (1804—1884) инструментальную фирму в Гамбурге. Конструктор астрономических приборов. Сыновья Адольфа — Йоганн (1838—1919) (автор 2-томного труда по истории астрономических инструментов) и Оскар (1842—1919) — продолжили дело отца. Фирма прекратила свое существование во время первой мировой войны 61, 66, 82, 86, 88, 98, 101, 118, 141, 205, 229, 231, 269, 275
- Репсольд Йоганн Георг (Repsold Johann Georg)* (1771—1830) — основатель знаменитой инструментальной фирмы в Гамбурге

- (1802), конструктор многих астрономических инструментов 57, 59, 79, 80, 82, 88, 104, 112, 139, 205, 265
- Розенбергер Отто Август (Rosenberger Otto August)* (1800—1890) астроном, ученик Бесселя в 1823—1826 гг., с 1826 г. профессор университета в Галле 70, 237
- Розенкранц Карл (Rosenkranz Karl)* (1805—1879) — немецкий философ, ученик Гегеля; профессор Кенигсбергского университета 72
- Ройш Иоганн Фридрих (Reusch Johann Friedrich)* (1843—1906) — немецкий скульптор 105
- Сабинус Георг (Sabinus Georg)* (1508—1560) — немецкий поэт и гуманист, первый ректор Кенигсбергского университета. Был женат на дочери Ф. Меланхтона, одного из столпов Реформации 105
- Савери Александр (Savérien Alexandre)* (1720—1805) — французский механик и астроном 205
- Савич Алексей Николаевич* (1811—1883) — русский астроном. В 1833—1839 гг. работал в Дерптской обсерватории, затем в 1839—1880 гг. профессор Петербургского университета 55, 123, 125, 269
- Севергин Василий Михайлович* (1765—1826) — русский академик, ученый с широким кругом интересов в области естествознания 107
- Симпсон Томас (Simpson Thomas)* (1710—1761) — английский математик 28
- Славинский Петр (Slawiński Piotr)* (1795—1881) — профессор астрономии (с 1823 г.) и директор обсерватории (1825—1843 гг.) Виленского университета 123, 124, 125, 126
- Сломчевский Михаил (Słomczewski Michał)* (1818—1893) — польский революционный деятель, публицист и философ 72
- Слонимский Зиновий Яковлевич* (1810—1904) — математик-самоучка и изобретатель из Белостока (Польша) 128
- Снядецкий Ян Батист (Sniadecki Jan Batysta)* (1756—1830) — польский ученый-энциклопедист, основатель Краковской обсерватории (1792 г.); с 1807 г. ректор Виленского университета и директор обсерватории 124, 125, 126, 181
- Соколов Иван Дмитриевич* (1812—1873) — русский математик и механик, профессор Харьковского, и затем ректор Одесского университетов; с 1869 г. работал в Казани 128
- Соколовская (Новокишанова) Зинаида Кузьминична* (р. 1927) — советский историк науки, автор ряда книг по истории астрономо-геодезических наук в России 221
- Соловьев Николай Федорович* (1947—1977) — калининградский скульптор, член Союза художников СССР 282
- Соут Джеймс (South James)* (1785—1867) — английский астроном, почетный член Петербургской АН 202
- Спасский Михаил Федорович* (1809—1859) — русский метеоролог и физик, профессор Московского университета, автор монографии «О климате Москвы» (1847) 128
- Струве Василий Яковлевич (Фридрих Георг Вильгельм) (Struve Friedrich Georg Wilhelm)* (1793—1864) — русский астроном и геодезист, основатель и первый директор Пулковской обсерватории. Коллега и друг Ф. В. Бесселя. Научные работы относятся к астрометрии и звездной астрономии 71, 76, 88, 110—123, 125—132, 134, 135, 139, 145, 190, 199—204, 209, 215, 218—224, 233, 234, 241, 269, 274, 286, 287

- Струве Герман Оттович (Struve Herrmann)* (1854—1920) — астроном, внук В. Я. Струве. Работал в Пулковке, затем в 1895—1904 гг. возглавлял Кенигсбергскую обсерваторию, а с 1904 г. — Берлинскую 274
- Струве Карл (Struve Karl)* — старший брат В. Я. Струве, директор гимназии в Кенигсберге 116
- Струве Отто Васильевич (Struve Otto Wilhelm)* (1819—1905) — русский астроном, сын В. Я. Струве, в 1862—1889 гг. директор Пулковской обсерватории 113, 116, 204
- Струве Отто (Struve Otto)* (1897—1963) — американский астроном, правнук В. Я. Струве 218, 221, 223
- Тарле Евгений Викторович* (1875—1955) — советский историк, академик 53
- Теннер Карл Иванович* (1783—1859) — русский военный геодезист, один из главных участников Русско-Скандинавского градусного измерения 1816—1855 гг. 119, 128—132, 256, 269
- Тихомандрицкий Александр Никитич* (1800—1888) — русский математик, профессор Киевского университета, с 1848 г. инспектор Главного педагогического института в Петербурге 128
- Торпорлей Натаниель (Torporley Nathaniel)* (1564—1632) — английский астроном 23, 24, 25
- Траллес Иоганн Георг (Tralles Johann Georg)* (1763—1822) — немецкий физик 41, 47, 264
- Троутон Эдвард (Troughton Edward)* (1753—1835) — лондонский механик, создатель астрономических и геодезических инструментов 115
- Уваров Сергей Семенович* (1786—1855) — министр народного просвещения России в 1834—1849 гг. 119, 202, 203
- Фатер Иоганн Северин (Vater Johann Severin)* (1771—1826) — профессор теологии и восточных языков в Кенигсбергском университете 50
- Флеминг Фридрих Вильгельм (Flemming Friedrich Wilhelm)* (1812—1840) — немецкий астроном, в 1835—1840 гг. ученик и помощник Бесселя 71, 228, 229, 230
- Флемстид Джон (Flamsteed John)* (1646—1719) — английский астроном, первый директор Гринвичской обсерватории. Автор каталога 3000 звезд «Британская история неба», по точности и числу звезд превосходившего все прежние каталоги 63, 191, 197, 226
- Фортен (Fortain)* — французский механик XVIII в. 273
- Франц И. (Franz I.)* — в 80-х годах XIX в. астроном в Кенигсберге, позже директор обсерватории в Бреслау (Вроцлав) 274
- Фраунгофер Иозеф (Fraunhofer Joseph)* (1787—1826) — немецкий физик, оптик и механик, создатель первоклассных астрономических объективов, в 1823 г. профессор Мюнхенского университета 61, 88, 115, 118, 199, 201, 205, 208, 286
- Фридрих-Вильгельм III (Friedrich-Wilhelm III)* (1770—1840) — прусский король (1797—1840) 39, 46, 105
- Фридрих-Вильгельм IV (Friedrich-Wilhelm IV)* (1795—1861) — прусский король (1840—1857) 67, 97, 102
- Фурье Жозеф (Fourier Joseph)* (1768—1830) — французский математик и физик 166, 169
- Фусс Егор Николаевич (Fuss Georg Albert)* (1806—1854) — сын

- Н. И. Фусса; с 1839 г. астроном Пулковской обсерватории, с 1848 г. — директор Виленской обсерватории 234
- Фусс Николай Иванович (Fuss Nicolaus)* (1755—1826) — математик, приглашенный Л. Эйлером в Петербург в 1773 г. в 1780—1826 гг. непреходящий секретарь Петербургской Академии наук, с 1784 г. — академик 107—110, 177, 180, 211
- Фусс Павел Николаевич (Fuss Paul Heinrich)* (1797—1855) — сын Н. И. Фусса, математик, академик Петербургской Академии наук; с 1826 г. ее непреходящий секретарь 110, 117, 150
- Харриот Томас (Harriot Thomas)* (1560—1621) — английский математик и астроном, известен работами в области алгебраических уравнений. Независимо от Галилея сконструировал первый телескоп 23, 24, 25
- Херрман Дитер (Herrmann Dieter)* — астроном, директор обсерватории им. Архенгольда в Берлине (ГДР) 61, 62
- Цах Франц Ксавер (Zach Franz Xaver)* (1754—1832) — основатель (1791) обсерватории в Готе. В 1800—1807 гг. издавал журнал «Ежемесячные корреспонденции» 20, 23, 25, 29, 41, 84, 181
- Швейггер Август Фридрих (Schweigger August Friedrich)* (1783—1821) — ботаник и зоолог, профессор и первый директор ботанического сада в Кенигсбергском университете 50, 68
- Швейцер Богдан Яковлевич (Kaspar Gottfried)* (1816—1873) — астроном; образование получил в Цюрихе и Кенигсберге; с 1841 г. жил в России; с 1856 г. директор обсерватории Московского университета 126
- Шеберле Джон Мартин (Schaeberle John Martin)* (1853—1924) — американский астроном 235
- Шеллинг Фридрих Вильгельм Иосиф (Schelling Friedrich Wilhelm Joseph)* (1775—1854) — немецкий философ и ученый с широким кругом интересов 88
- Шерк Генрих Фердинанд (Scherk Heinrich Ferdinand)* (1798—1885) — астроном и математик, ученик и помощник Бесселя в 1823—1826 гг. 70
- Шёнлайн (Schoenlein)* — лейб-медик прусского короля Фридриха-Вильгельма IV 102
- Штик* — немецкий механик XIX в. 255
- Шлёмилх Оскар (Schlömilch Oscar)* (1823—1901) — немецкий математик; с 1845 г. профессор в Йене, с 1849 г. — в Дрездене 169
- Шлютер Генрих (Schlüter Heinrich)* (1815—1844) — немецкий астроном; с 1838 г. ученик и помощник Бесселя 71, 215
- Шрадер Иоганн Готтлиб Фридрих (Schrader Johann Gottlieb Friedrich)* (1763—?) — немецкий оптик и механик, создатель крупнейшего для своего времени зеркального телескопов 36
- Шрөтер Иоганн Иероним (Schröter Johann Hieronimus)* (1745—1816) — юрист по образованию, основатель и владелец Лилиентальской обсерватории. Научные работы относятся в основном к исследованию топографии Луны и планет 19, 31, 32, 33 35—40, 42, 122, 286
- Шрөтер Фр. (Schröter Fr.)* 181
- Штейнфурт (Steinfurt)* — немецкий механик XIX в., помощник Бесселя 231
- Штейнхель Карл Август (Steinheil Carl August)* (1801—1870) — механик и оптик, изобретатель. В 1824—1825 гг. был помощником Бесселя 70, 117, 206

- Штернберг Павел Карлович* (1865—1920) — русский астроном и революционный деятель; с 1914 г. профессор Московского университета; в 1916—1917 гг. директор Московской обсерватории 9, 281
- Штюллер Фридрих Август* (*Stüller Friedrich August*) (1800—1865) — немецкий архитектор. Построил, в частности, здание нового университета в Кенигсберге (1862 г.) 105
- Шуберт Федор Иванович* (*Schubert Friedrich Theodor*) (1758—1827) — русский астроном и геодезист, академик 126, 131, 181, 228, 267
- Шуберт Федор Федорович* (*Schubert Theodor Friedrich*) (1789—1865) — русский военный геодезист и топограф 130, 133, 134
- Шумахер Генрих Христиан* (*Schumacher Heinrich Christian*) (1780—1850) — астроном; с 1815 г. директор обсерватории в Альтоне; с 1821 г. издатель журнала «Астрономические известия» (*Astronomische Nachrichten*) 41, 71, 74, 79, 80, 82—86, 88, 91, 92, 96, 102, 117, 134, 146, 147, 181, 182, 206, 242, 247, 265, 268, 287
- Эйнштейн Альберт* (*Einstein Albert*) (1879—1955) — физик-теоретик, один из создателей теории относительности и всей современной физики 268
- Эйлер Леонард* (*Euler Leonhard*) (1707—1783) — математик, механик, физик и астроном, чьи труды оказали огромное влияние на развитие точных наук. Свыше 30 лет (с перерывом) работал в Петербургской Академии наук 7, 63, 160
- Энгельман Рудольф* (*Engelmann Rudolf*) (1841—1888) — немецкий астроном (работал в Лейпцигской обсерватории в 1863—1874 гг.) и книгоиздатель 161, 206, 236
- Энке Иоганн Франц* (*Encke Johann Franz*) (1791—1865) — немецкий астроном, в 1825—1862 гг. директор Берлинской обсерватории. Основные научные работы связаны с астрометрией и движением комет 80, 81, 82, 84, 85, 86, 88, 117, 124, 144, 191
- Эрман Георг Адольф* (*Erman Georg Adolf*) (1806—1877) — немецкий физик, муж старшей дочери Ф. В. Бесселя Марии. В 1828—1830 гг. совершил кругосветное путешествие с целью измерений геомагнетизма, на основе которых Гаусс построил теорию земного магнетизма 67, 88
- Эртель Трауготт Лебрехт* (*Ertel Traugott Lebrecht*) (1778—1858) — немецкий механик и оптик, ученик и партнер Г. Рейхенбаха в Мюнхенском Оптико-механическом институте 71, 139, 255, 256
- Этвеш Роланд* (*Eötvös Roland*) (1848—1919) — венгерский физик; с 1872 г. профессор Будапештского университета, в 1899—1905 гг. президент Венгерской Академии наук. Работы относятся к молекулярной физике, гравитации, геофизике 268
- Якоби Борис Семенович* (*Мориц Герман*) (*Jacobi Moritz Herrmann*) (1801—1874) — русский физик и электротехник, изобретатель гальванопластики 76
- Якоби Карл Густав Якоб* (*Jacobi Carl Gustav Jacob*) (1804—1851) — выдающийся немецкий математик, в 1826—1843 гг. работал в Кенигсбергском университете 68, 71, 72, 75, 76, 77, 88, 104, 105

Оглавление

Введение	5
Глава 1	
Выбор	10
Детские годы	10
Бремен. Начало учения и планы на будущее	14
Первые шаги в астрономии	18
Первые наблюдения	20
Вычисление орбиты кометы Галлея. Знакомство с Ольберсом	23
Астрономия становится страстью	27
«Бедность, но звезды»	31
Глава 2	
В Лиллентале	35
Шретер и его обсерватория	35
Личное знакомство с Гауссом. Трудные времена.	38
Приглашение в Кенигсберг	40
Глава 3	
Университет и обсерватория	43
Город и университет	43
Начало работы в университете	47
Строительство обсерватории	51
Обсерватория Бесселя и его библиотека	55
Глава 4	
Годы зрелости	64
Семья	64
Ученики и помощники	68
Университетские коллеги	73
Друзья-астрономы. Корреспонденты и коллеги за рубежом	77
Характер и личность Бесселя	89
Внешний облик Бесселя и его портреты	95
Последние годы жизни	100
Признание современников и потомков	104

Глава 5	
Бессель и русская наука	106
Почетный член Петербургской Академии	107
Ф. В. Бессель и В. Я. Струве	110
Каталог Вейссе: вклад Бесселя и Струве	121
Российские ученые — коллеги и ученики Бесселя	123
Участие Бесселя в русских геодезических работах	128
Глава 6	
Пути и средства обновления астрономии	138
Бесселево учение об инструментальных и личных ошибках наблюдений	139
Универсальная теория редуций	155
Бессель-математик	160
Глава 7	
Фундамент новой астрономии	172
Fundamenta Astronomiae	173
«Кенигсбергские таблицы»	183
Программа зонных наблюдений	187
Глава 8	
Измерение звездного годичного параллакса	193
От времен Коперника до XIX в.	194
Параллактические исследования В. Я. Струве на дерптском рефракторе	201
Новый инструмент Бесселя. Выбор звезды для параллактических измерений	205
Успешное измерение Бesselем параллакса звезды 61 Лебедя. Работы Т. Гендерсона	212
Оценка современников	218
Глава 9	
«Астрономия невидимого» и другие исследования	225
Бессель и предыстория открытия Нептуна	225
Невидимые спутники звезд	230
Исследования комет	236
Теория затмений и другие работы	242
Глава 10	
Геодезические и гравиметрические работы	245
Проблемы теории геодезических измерений в трудах Бесселя	247
Градусное измерение	251
Эллипсоид Бесселя	259
Измерение длины секундного маятника	262
Создание эталона линейной меры	269

Эпilog	274
Основные даты жизни и деятельности Ф. В. Бесселя	286
Библиография	288
Избранные труды и переписка Ф. В. Бесселя	289
Важнейшие работы о жизни и деятельности Ф. В. Бесселя	295
Дополнительные источники	297
Именной указатель	302

Научное издание

Лавринович Казимир Клеофасович

Фридрих Вильгельм Бессель

1784—1846

Утверждено к печати редколлегией серии
«Научно-биографическая литература» Академии наук СССР

Редактор В. П. Большаков. Художественный редактор А. В. Здрилько
Технические редакторы А. С. Бархина, М. Ю. Соловьева
Корректоры Н. П. Гаврикова, Л. В. Щеголев

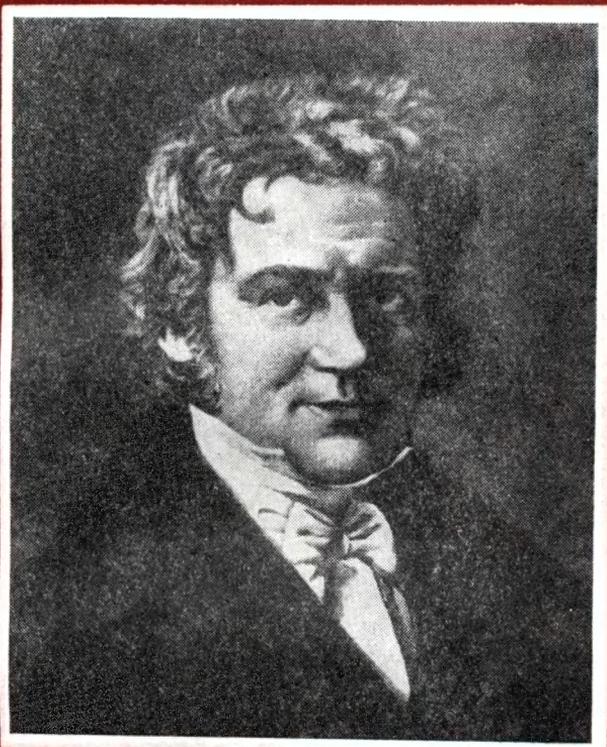
ИБ № 39740

Сдано в набор 04.01.89. Подписано к печати 21.04.89. Т-00146. Формат
84×108¹/₃₂. Бумага офсетная № 1. Гарнитура обыкновенная. Печать
высокая. Усл. печ. л. 16,8. Усл. кр. отт. 16,91. Уч.-изд. л. 17,6.
Тираж 5000 экз. Тип. вак. № 1172. Цена 80 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»
117864, ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., 90

Ордена Трудового Красного Знамени Первая типография изд-ва «Наука»
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12

К. К. Лавринович · **Фридрих Вильгельм БЕССЕЛЬ**



К. К. Лавринович
Фридрих Вильгельм
БЕССЕЛЬ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

Леднева Л. Д.
ПАВЕЛ ОСИПОВИЧ СОМОВ
(1852—1919)

Книга является первой научной биографией известного русского ученого в области механики и математики Павла Осиповича Сомова, профессора Петербургского университета, Политехнического института в Варшаве, одного из основоположников теории механизмов и машин и векторного исчисления.

Для читателей, интересующихся историей отечественной науки.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов «Книга — почтой» «Академкнига»:

480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97; 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13; 320093 Днепропетровск, проспект Ю. Гагарина, 24; 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95; 252030 Киев, ул. Пирогова, 4; 277012 Кишинев, проспект Ленина, 148; 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2; 197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 7; 220012 Минск, Ленинский проспект, 72; 117192 Москва, В-192, Мичуринский проспект, 12; 630090 Новосибирск, Академгородок, Морской проспект, 22; 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137; 700187 Ташкент, ул. Дружбы народов, 6; 450059 Уфа, 59, ул. Р. Зорге, 10; 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42; 310078 Харьков, ул. Чернышевского, 87.